Aus dem Laboratorium für Materialkunde und Metallurgie des
Zahnärztlichen Institutes der Universität Berlin.
(Leiter: Professor Dr. Schoenbeck.)

Das Absterben des Zahnmarks unter Silikatfüllungen.

Stand der bisherigen Forschungen und grundsätzliche Betrachtungen über die Wege, die dabei eingeschlagen wurden.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Vorgelegt von

Wolfdietrich Arno Rauscher

Zahnarzt
aus Potsdam.

Tag der Promotion: 28. März 1938

VERLAG RUDOLPH PFAU, BERLIN NW. 7, LUISENSTR. 21

M 6

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. med. R. Siebeck
Referent: Prof. Dr. Schoenbeck.
Korreferent: Prof. Dr. Schröder.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Diese Arbeit ist in Dankbarkeit gewidmet:

Meinen Eltern, meiner Frau.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543925_0023

Seit das Silikatzement als Füllungsstoff Eingang in die konservierende Zahnheilkunde fand, d. h. seit rund 33 Jahren, stimmen Wissenschaft und Praxis darin überein, daß die großen kosmetischen Vorzüge, die diesen Stoff in Bezug auf Zahnähnlichkeit und Transparenz auszeichnen, erkauft werden müssen mit schädlichen Wirkungen auf das lebende Zahnmark, die anderen Füllungsstoffen nicht oder in geringerem Maße anhaften.

33 Jahre hat die Suche nach den Ursachen dieser Schädigungen Zahnärzte und Chemiker beschäftigt, ohne daß bis zur Stunde eine *zweifelsfreie* Lösung des Rätsels gefunden ist. — Den Umfang des darüber entbrannten Meinungsstreites zeigt das Schrifttum-Verzeichnis dieser Arbeit. Lehrbücher sind, weil allgemein bekannt, in dem Verzeichnis nicht aufgeführt.

Die Arbeit selbst will nicht Geschichte schreiben. Wenn in einem ersten Teil ein planmäßig geordneter Ueberblick über den Verlauf des Meinungsstreites gegeben wird, so geschieht es mit dem Ziele, die Grundlage für grundsätzliche Betrachtungen zu finden, die in einem zweiten Teile über die Frage angestellt werden, woran es liegt, daß der Forschung ein voller Erfolg bisher versagt geblieben ist.

I.

Aus der Fülle der im Schrifttum enthaltenen Beiträge zur Klärung der Streitfrage heben sich zwei Gruppen ab. Die *Einen* neigen der Ansicht zu, daß die schädliche Wirkung des Silikatzements — ausschließlich oder vorwiegend — *chemisch-toxischer* Art ist. Irgendwelche Giftstoffe oder Säuren, die im Pulver oder in der zum Anrühren verwendeten Flüssigkeit enthalten sein mögen, sollen durch die Kanälchen des Zahnbeines hindurch zum Zahnmark gelangen und dieses entweder zum Absterben bringen, oder durch Reizwirkungen in seiner Widerstandsfähigkeit gegen bakterielle Angriffe schwächen. Die *Anderen* schieben die Schuld — ausschließlich oder vorwiegend — *mechanisch-physikalischen* Unzulänglichkeiten des Silikatzements zu, die es ermöglichen, daß

vom Munde her (durch die Füllung hindurch oder an ihr vorbei) Bakterien zum Zahnmark vordringen. Die Einschränkung „oder vorwiegend" soll zum Ausdruck bringen, daß sich zwischen den Anhängern der einen und der anderen Deutung eine scharfe Grenze oft nicht feststellen läßt. Diese Grenzunklarheit erklärt sich daraus, daß beide Deutungen einander nicht ausschließen, sondern eher ergänzen: mechanisch-physikalische Unzulänglichkeit der Füllung ist geeignet, eine chemisch-toxische Schädigung des Zahnmarks zur Verjauchung zu steigern: umgekehrt begünstigen chemisch-toxische Reizungen des Zahnmarks die schädigende Wirksamkeit von Bakterien, die infolge mechanisch-physikalischer Mängel der Füllung Zutritt zum Zahnmark erlangen. In diesem Sinne ist die Zuteilung der im Schrifttum hervorgetretenen Urteile zur einen oder anderen Gruppe cum grano salis zu verstehen.

A.

Dem Verdacht auf *chemisch-toxische* Ursachen bot die komplizierte Zusammensetzung der in steigender Zahl auf dem Markte erscheinenden Silikatzemente um so reichere Nahrung, als die Einzelheiten dieser Zusammensetzung von den Fabrikanten geheim gehalten wurden und noch werden. Der Verdacht fiel zunächst auf Arsen, weiterhin auf Beryllium, Kieselsäure und sogar Salzsäure und vor allem auf Phosphorsäure. Ueber den Niederschlag, den diese Deutungen im Schrifttum gefunden haben, mag im einzelnen folgendes berichtet werden.

1. *Arsen.* Die zuerst von Masur (1) ausgesprochene Ansicht, daß Arsen der Schädling sei, entstammt der Zeit, als das Silikatzement noch in den Kinderschuhen steckte. Die Erörterung dieses Verdachtes, bei der sich Für und Wider etwa die Waage hielten, hat im Schrifttum der Jahre bis etwa 1913 einen verhältnismäßig breiten Raum eingenommen. Im Rahmen dieser Arbeit kann darauf verzichtet werden, auf diese Erörterung näher einzugehen. Denn der Arsenverdacht kann heute als erloschen gelten, weil als sicher unterstellt werden kann und allgemein unterstellt wird, daß etwa seit dem Jahre 1913 Arsen in keinem Silikaterzeugnis mehr enthalten ist.

2. *Säuren.* Aus der jahrzehntelangen Erörterung der „Säuretheorie" ein übersichtliches Bild zu gewinnen und zu entwerfen ist bei dem Durcheinander der Auffasungen nicht leicht. Immerhin

springt ins Auge, daß die Zahl derer, welche die Schädigung des Zahnmarks der Aetzwirkung von Säuren zuschreiben, bei weitem die Zahl derer überwiegt, die diese Wirkung bezweifeln oder verneinen.

Für die Bewertung der widerstreitenden Meinungen wird man gut tun, die Spreu vom Weizen insofern zu trennen, als man seine Aufmerksamkeit vorwiegend solchen Urteilen zuwendet, denen nicht bloße Vermutungen, sondern wissenschaftliche Untersuchungen zugrunde liegen. Darüber hinaus ist für die Wertung der Urteile — und zwar auch derjenigen, die auf solchen Untersuchungen beruhen — zu bedenken, wie die stoffliche Zusammensetzung der Silikaterzeugnisse (entsprechend den Erfahrungen, die damit in der zahnärztlichen Praxis gemacht wurden), einer ständigen Fortentwicklung unterlag mit dem Ziele, bisher gerügte Schädlichkeiten auszuschalten. So werden Ergebnisse von Forschungen neuerer Zeit höher zu veranschlagen sein, als solche älterer Zeit.

Diese Vorbehalte rechtfertigen es, wenn ich mich bezüglich einer Reihe von Veröffentlichungen älteren Datums des summarischen Verfahrens kurzer Hinweise bediene. Als Verfechter der Säuretheorie haben sich bekannt: 1905 Masur (1), 1906 Hentze (17), Heinsheimer (5), Reissner (13) und Silbermann (12), 1907 Bruck (19), Sachs (20) und Kulka (22), 1908 Freund (25), Wege (27) und Schachtel (26) und Apffelstädt (32), 1909 Schreiber (36), 1910 Feiler (37), 1913 Andresen (52), Greve (48) und Fränkel (49). Mehrere dieser Autoren, so Kulka, knüpfen dabei an die Tatsache an, daß der Vorläufer des Silikatzementes, das Zinkphosphatzement, gleichfalls mit Phosphorsäure angerührt wird, und daß auch unter diesen Füllungen Zahnmarktod beobachtet wurde, wenn auch nicht so häufig, wie unter Silikatfüllungen. Dabei setzt sich Feiler mit der Vermutung Millers auseinander, daß die in der fertigen Füllung enthaltene überschüssige Säure das Zahnbein entkalke und so den in den Zahnbeinkanälchen verbliebenen Bakterien den Weg zum Zahnmark ebne. Er widerspricht dieser Ansicht, indem er sich auf die Erfahrung beruft, daß nach Durchbohrung der Füllung die über dem Zahnmark liegende Zahnbeinschicht stets unversehrt und unentkalkt vorgefunden werde. Feiler ist vielmehr der Meinung, daß der chemische Reiz der überschüssigen Säure auch ohne solche Entkalkung durch die Kanälchen des Zahnbeines hindurch die

Lebenskraft des Zahnmarks schädigt und ihm seine Widerstandskraft gegen Bakterien raubt, die entweder aus den Zahnbeinkanälchen oder aus der Blutbahn zum Zahnmark gelangten. So oder ähnlich in jenen Jahren die Mehrzahl der Anhänger der Säuretheorie.

Zu der Miller'schen *Deutung* nehmen 1911 auch W. und D. Asch in ihrem umfänglichen Werke „Die Silikatzemente" (43) auf Seite 196 Stellung. Sie erinnern daran, daß ein anderer namhafter Operateur, und zwar Professor Black[1] unter Zinkphosphaten keine Pulpentode beobachtet habe. Diese widersprechenden Angaben über scheinbar dieselben Präparate erklären die Gebr. Asch damit, daß Miller Zinkphosphate mit freien Säuren, Black dagegen Zinkphosphatzemente mit Salzlösungen als Zementflüssigkeit in ihrer Praxis verwandt haben. Dieser Widerspruch fällt umsomehr auf, als eine Reihe anderer Praktiker in ihren Angaben über Zinkphosphatzemente sich direkt widersprechen. Die einen empfehlen *sogar bei Zinkphosphatzementen* die Verwendung von Unterlagen, damit kein Reiz bezw. Absterben der Pulpa unter diesen Zementen vorkommt, die anderen dagegen empfehlen Zinkphosphatzemente als Unterlagen „zum *Schutz der Pulpa* unter Porzellanzementen". Die Unterscheidung zwischen Phosphaten mit

$$\overline{\text{freien Säuren}}^{A} \quad \text{und solchen mit} \quad \overline{\text{Salzlösungen}}^{\Sigma}$$

als Zementflüssigkeit oder, wie diese Forscher sie nennen, zwischen A- und Σ-Zementen führen W. und D. Asch auch für die Silikatzemente durch mit der Folgerung, daß sie A-Silikate wegen der Abspaltung von A (freier Säure) für giftig, Σ-Zemente dagegen für völlig unschädlich erklären. Für die wissenschaftliche Begründung dieser Deutung — die, soweit ich sehe, auf die wissenschaftliche Forschung keinen Einfluß gewonnen hat — muß auf das Asch'sche Werk selbst verwiesen werden.

Eine Sonderstellung unter den Anhängern der Säuretheorie nahm 1913 Abraham (50) ein, als er vor der 52. Jahresversammlung des Centralvereins die Ansicht entwickelte, daß nicht Phosphorsäure, sondern *Salzsäure der Schädling* sei. Diese sei gerade in denjenigen Präparaten enthalten, deren pulpenzerstörende Eigenschaft besonders oft beobachtet sei. Seine Behauptung suchte Abraham durch ein Experiment zu erhärten, das darin bestand,

1. Black, Millers Handbuch 2 S. 110.

daß er einige Tropfen „einer" Zementflüssigkeit im Reagenzglase mit Wasser verdünnte und mit Salpetersäure übersäuerte, dieser Mischung einige Tropfen Silbernitratlösung zufügte und unter Erwärmung eine Trübung erzielte, die aus Chlorsilber bestand. Dieser Erscheinung entnahm er den nach seiner Meinung schlüssigen Beweis, daß in der untersuchten Zementflüssigkeit Chlor enthalten sei. Aus diesem Nachweis wiederum folgerte er, „daß der Gehalt an Salzsäure bei der Verjauchung der Pulpa eine Rolle spielen dürfte". Als geschichtliche Reminiszenz, die heute, nach 24 Jahren eines erheiternden Reizes nicht entbehrt, mag hier der Schlußsatz des Abraham'schen Vortrages Platz finden: „Da die neueren Präparate, wie z. B. das Transluzin, überhaupt kein Chlor enthalten, die älteren es neuerdings eliminiert haben, so hoffe ich zuversichtlich, daß das Kapitel Pulpentod unter Silikatfüllungen auch bald der Geschichte angehören wird." — Die Deutung Abraham's hat Richter (51) mit der Begründung bestritten, daß Chlor bei der Fabrikation durch die Glühhitze schwindet; jedenfalls könne es nur in ganz geringen Mengen vorhanden sein und zwar in einer salzsauren Form, die nach Baume eine Verpökelung (mumifizierende *Erhaltung)* des Zahnmarks hervorrufe. An gleicher Stelle widersprach Richter einer Vermutung, die 1905 Rawitzer (im Correspondenzblatt für Zahnärzte Heft 4) geäußert hatte, nämlich, daß *Beryllium* für das Zahnmark schädlich sei. Richter (33) glaubt durch Experimente im Munde des Patienten bewiesen zu haben, daß Beryllium *ohne Arsen* unschädlich sei.

Kulka (41), Proell (47) und andere Autoren erwähnen einen von Pawel an Hunden veranstalteten Versuch, durch den ihm der Nachweis gelungen sei, daß Phosphorsäure durch dicke Zahnbeinschichten hindurch das Zahnmark schädigt.

Endlich soll noch des Versuches gedacht werden, den W. und D. Asch in ihrem bereits erwähnten Werke (43, insbesondere S. 197) beschrieben, zur Erklärung der Giftwirkung die sogenannte Hexit-Pentit-Theorie und die Ehrlich'sche Deutung neutropischer Wirkung von Toxinen heranzuziehen. Die von den Gebr. Asch gegebene Begründung dieser Theorie ausführlich darzulegen würde zu weit führen. Ich beschränke mich darauf, wiederzugeben, was zusammenfassend Proell (47) über ihr Wesen sagt. Danach soll zuerst die Nervensubstanz des Zahnmarks toxisch beeinflußt werden. Als Grund dafür sei eine in der Konstitution der Nerven-

faser liegende chemische Verwandschaft der Nervensubstanz zu Tonerde-Phosphorsäuren anzunehmen. Proell bezweifelt, ob ein praktischer Beweis dafür zu erbringen sei, daß die Ehrlich'sche Seitenkettentheorie in dieser Weise zur Erklärung des gangränösen Pulpenzerfalles herbeigezogen werden könne. Auch sonst hat die Asch'sche Theorie manche Anfechtung erfahren (vgl. z. B. Rebel 1922 — 67 —), aber kaum Anhänger gefunden. —

Chemisch-toxische Schädigung *verneinen* in älterer Zeit 1907 Lartenschneider (23) und 1910 Richter (39), der erstere auf Grund von Versuchen an lebenden Zähnen, der letztere auf Grund von Titrationsversuchen, welche er an Füllungen anstellte, die — außerhalb des Mundes aber unter Mundkondition — gehärtet waren. Lartschneider legte Wattebäuschchen, die er mit „Zementsäuren" getränkt hatte, in Kavitäten und verschloß diese mit Fletscherschem Artificial Dentin. Dabei beobachtete er zwar gelegentlich vorübergehende Schmerzen aber niemals eine Schädigung des Zahnmarks, wobei er in einem Falle das Wattebäuschchen *9 Wochen* lang in der Kavität beließ.

Richter (39) machte 1910 Laboratoriumsversuche an einer Reihe von Silikatzementen, nämlich Phenakit, Translux, Adamant, Schönbeck, Astral, Neuem Harvardid, Silizin und Ascher. Dabei ermittelte er, daß bei halbstündig gehärteten Füllungen nur Spuren freier Phosphorsäure, und bei ein- und dreiviertelstündiger Härtung „bei den meisten Präparaten" überhaupt keine freie Phosphorsäure nachweisbar ist. Er betont ausdrücklich, daß es sich bei seinen Versuchen um Füllungen gehandelt habe, die normal nach den jeweiligen Gebrauchsanweisungen angerührt waren, und daß dünner angerührter Silikatzement größeren Säureüberschuß ergebe. Er macht geltend, daß die Erfahrungen mit den zahllosen bisher gelegten Zinkphosphatfüllungen auf die Unschuld der Phosphorsäure schließen ließen, da sonst Klagen, wie sie bei den arsenhaltigen Silikatzementen früher auftraten, bei den Zinkphosphatzementen viel häufiger hätten vorkommen müssen. Für seine Untersuchungen nimmt er den sicheren Beweis in Anspruch, daß die zur Silikatfüllung benötigte Phosphorsäure „wenig oder nichts" mit dem Absterben des Zahnmarks zu tun habe.

Auch Ascher (45) ist (1912) von der Harmlosigkeit des Silikatzements völlig überzeugt. Er schreibt Schädigungen des Zahnmarks ausschließlich ungenügender Räumung der Kavität zu.

Freilich setzt er sorgfältigste Zubereitung der Füllungsmasse voraus. Er betont nachdrücklich die Schwierigkeit dieser Verrichtung. Darin tritt ihm 1913 Beckmann (61) bei, der deshalb die Füllungsmasse stets selbst anrichtet. 1913 schreibt Schuster (56) mit Hahn (59) die Schädigung dem Umstande zu, daß das Silikatzement unter starkem Druck und unter gleichzeitiger vollkommener Abdichtung nach außen in die Kavität gepreßt wird. Er meint, daß dadurch flüssige Substanzen rein mechanisch durch die Zahnbeinkanälchen bis zum Zahnmark gedrückt würden. —

Soweit das ältere Schrifttum. Von späteren Veröffentlichungen erregt besondere Aufmerksamkeit ein Bericht, den Wustrow 1922 in einem Vortrage (69) über seine Untersuchungen erstattet hat. Bereits aus früheren Versuchen, über die er in der Zahnärztlichen Rundschau Mitteilung machte (65), hatte Wustrow geschlossen, daß in Silikatzementen freie, ungebundene Säureteile länger verbleiben, als in Phosphatzementen. Bei sahnenweich angerührtem normal härtendem Silikatzement hätte er nach mehr als 12 Stunden, bei hart angerührtem sogar noch nach 3 bis 4 Tagen freie Säure nachweisen können. Weitere Forschungen widmete Wustrow der Frage, nach dem *Verbleib* dieser Säure. Nachdem er durch eine Reihe von Vorversuchen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, ermittelt hatte, daß die Säure sogar millimeterdicke Zahnbeinschichten zu durchdringen vermag, ging er dazu über, die Wirkung der Säure auf das Zahnmark *am lebenden Zahn* zu erproben. In einem Falle benutzte er dazu zwei Prämolaren eines Jugendlichen, die aus orthopädischen Gründen ohnehin der Zange verfallen waren. Beide Zähne bohrte er flach an, den einen füllte er *ohne Unterfüllung* mit Silikatzement, den anderen versah er mit der Einlage eines Wattebäuschchens, das er mit „Silikatzement-Flüssigkeit" getränkt hatte. Füllung bezw. Einlage wurden 13 bezw. 10 Tage lang getragen. Aehnlich verfuhr er mit einem oberen Caninus, der 13 Tage eine Silikatfüllung trug, und schließlich mit dem Zahn einer Patientin, den er mit einem Bohrloch versah, in das er ein in „Silikatflüsisgkeit" getränktes Wattebäuschchen einbrachte. Im letzteren Falle wurde das Zahnmark 9 Tage später unter Lokalanästhesie entfernt. Das Zahnmark sämtlicher fünf Zähne hat Wustrow in Zenker oder Formol gehärtet, in Salpetersäure entkalkt, in Zelloidin eingebettet und in Serienschnitte zerlegt, die er mit verschiedenen Chemikalien färbte und mikroskopisch untersuchte. An der Hand von Abbildungen des

Befundes, in denen er überall eine netzartige Struktur des Bindegewebes, dunkelgefärbte Kalkherde und knollige Aufquellung der Bindegewebsfasern erkennen wollte, glaubte Wustrow dargetan zu haben, daß dieselben typischen Veränderungen, die im Zahnmark durch Silikat*füllungen* erzeugt werden, in gleicher Weise auch durch die *Flüssigkeit* allein hervorgerufen werden. Er zog hieraus den Schluß, daß die bei Silikatzement verwendeten Säuren die Schuld am Absterben des Zahnmarks tragen. Zum Schlusse seines Vortrages bespricht Wustrow Versuche, aus denen er folgert, daß auch Zinkphosphatzemente oder ihre Säuren „unter bestimmten Bedingungen weit in das Dentin hineinzudringen vermögen"; und er weist vier Abbildungen von Schnitten aus Zahnmark vor, das ähnlich, wie in den fünf oben beschriebenen Fällen, behandelt war, nur daß hier anstatt Silikatzementflüssigkeit Phosphatzementflüssigkeit verwandt war. Auch hier glaubt Wustrow die gleichen Veränderungen des Zahnmarks feststellen zu können.

Die Deutung, die Wustrow seinen Abbildungen gab, ist nicht unangefochten geblieben. In der Aussprache, die seinem Vortrage folgte, bezweifelte Euler die Richtigkeit jener Schlußfolgerungen mit dem Hinweise: „Solche Bilder finden wir häufig, auch ohne daß Zement- oder Säureeinlage vorausging." Immerhin sind die Wustrowschen Versuche von beträchtlichem Belange insofern, als er sie nicht auf das Laboratorium beschränkte, sondern auf den lebenden Zahn erstreckte und damit eine Forderung erfüllte, die fast gleichzeitig (1922) Hensel (68) aufstellte, wenn er ausführte: „Eine Nachprüfung (NB. des schädlichen Einflusses der Phosphorsäure) kann stattfinden durch Phosphorsäurenachweis in der unter Lokalanästhesie entfernten Pulpa, nachdem für einige Zeit über ihr eine Silikatfüllung gelegen hat. Letzteres wäre die sicherste Methode des Nachweises der Säurewirkung."

Ein Jahr später, 1923, kommt Rebel (71) auf Grund eingehender Versuche, mit denen er unter Anwendung der Indikatorenmethode die Stichhaltigkeit der Säuretheorie nachzuprüfen bestrebt ist, zur Ablehnung der Säuretheorie. Er glaubt, daß die erhärtete Zementfüllung einen im ganzen geringen Gehalt von H_3PO_4 aufweist. Zum gleichen Ergebnis führen ihn Versuche, bei denen er die Säureabgabe gegenüber aqua destillata prüft. Rebel faßt das Ergebnis seiner Untersuchungen dahin zusammen: „Für das erste, daß die Säureabgabe, die eine gesunde Pulpa nekrotisieren, völlig zum Untergang bringen soll .... nach einer Härtedauer von 60 Mi-

nuten überhaupt nicht mehr zu konstatieren .... oder .... daß die Reaktion des Zementwassers nach 60 Minuten Härtedauer gleich der des aqua destillata ist. Zweitens ist die Abgabe sofort nach dem Anrühren eine außerordentlich geringe: auf tausend Teile Wasser 0,9374 .... Teile Säureäquivalent bezw. pro Kubikzentimeter der benutzten Zementoberfläche 0,7370 Teile Säureäquivalent... Und endlich, daß nach Ablauf der „Säurestunde" die Reaktion den Nullpunkt erreicht, ja daß nach einer Härtedauer von 6 H 30 diese neutrale Reaktion in die alkalische übergeht."

Wissenschaftlich belangreich sind die Versuche, die in den Jahren 1921 bis 1924 die italienischen Forscher Fasoli und Palazzi an Hunden anstellten. 1922 faßt Palazzi (70) das Ergebnis dieser Versuche dahin zusammen:

1. Die Silikatzemente haben auf die Pulpa einen pathogenen Einfluß, indem sie nach der Art eines „Kapillargiftes" nach Angabe der deutschen Autoren wirken.

2. Diese Veränderungen manifestieren sich meist in einer Hyperämie der Pulpa, die entsprechend den Stellen, die den Silikatfüllungen benachbart sind, am deutlichsten ist.

3. Nach und nach treten Erscheinungen von Vasorhexis mit folgenden Hämorrhagien auf, während im Odontoblastenlager eine Periode von Abwehrmaßnahmen beginnt.

4. Auf dieses hyperämische Stadium folgen degenerative Erscheinungen der Pulpa (aseptische Nekrobiose).

5. Es ist nicht die im Gefolge von Silikatfüllungen in der Pulpa auftretende Veränderung gleichzusetzen den Folgen, die der kontinuierliche Reizzustand nach dem Substanzverlust des Dentins oder nach einer Füllung mit Oxyphosphatzement hervorbringt, da die charakteristischen Eigentümlichkeiten sich ganz verschieden zeigen von dem, was andere Autoren (Fasoli) durch einfache Gewebsexzisionen und Füllungen mit neutralem Zemente hervorgerufen haben".

Palazzi meint, daß nur bei bestimmten Personen mit gut verkalkten Geweben und bei Leuten vorgerückten Alters keine Schädigung der Pulpa hervorgerufen werden. Im übrigen ist er der Ansicht, daß die Silikatzemente trotz einiger Nachteile in der Praxis in mehrfacher Hinsicht der zur Zeit brauchbarste Füllungsstoff sind, *da ein Material, das allen Forderungen entspreche, z. Zt fehle.*

Im Jahre 1924 ergänzt Palazzi (75) in Uebereinstimmung mit Fasoli (74) diese Darlegungen auf Grund weiterer Versuche. Diese haben ihn zu der Ueberzeugung gebracht, daß alle bis zum Jahre 1920 geäußerten Ansichten (einschließlich der Proell-schen Deutung) zu verwerfen seien. Im letzten Ergebnis läßt sich die Ansicht beider italienischen Forscher dahin zusammenfassen: Es ist unzweifelhaft, daß die Füllung mit den in der Praxis gebräuchlichen Silikatzementen prompt schwere Veränderungen hervorbringe. In sehr tiefen Kavitäten könne nach 30 bis 40 Tagen oder sogar schon viel früher retikuläre Degeneration, hyaline Degeneration und definitive Nekrose beobachtet werden. Die Silikatzemente enthielten bestimmt Stoffe, die dem Zahnmark schädlich seien und „infolge des exquisiten Absorptionsvermögens des Dentins" von diesem aufgesaugt würden. Es sei jedoch nicht bewiesen, daß der Schädling freie Phosphorsäure oder eine andere Säure sei. Es handele sich vielmehr offenbar um ein lösliches *saures Salz* der Phosphorsäure. Die katalytische Wirkung dieser sauren Stoffe führten zu einer langsam fortschreitenden Veränderung des Zahnmarks. Die in solchen Fällen auftretende Pulpengangrän sei kein durch Säurewirkung entstehender pathologischer Prozeß, sondern eine septische Komplikation, die eine Folge der degenerativen Veränderungen der Pulpa sei. So erkläre sich die klinische Tatsache, daß keine akuten, subakuten oder chronischen Entzündungen der Pulpa entstünden, sondern fortschreitende regressive Prozesse, die zum Absterben der Pulpa und zu den wohlbekannten Ausgängen der Nekrose führten. Die Silikatwirkung äußere sich zuerst als Reizwirkung, die durch das mechanische Trauma bei der Präparation der Kavität gesteigert werde. Diese Reizwirkung führte zu Hyperämie mit Gefäßsektasie und Hyperproduktion von Kapillaren. Hierauf folgten Thrombosen mit hyalin-kolloidaler Degeneration als Folge des ödematösen Zustandes der Pulpa, in der wegen der Unverrückbarkeit der Wände allmählich alle Zellelemente verloren gingen. Beide Forscher fordern nachdrücklich die Isolierung des Zahngewebes vom Silikat.

1925 glaubt Masur (78) durch Versuche festgestellt zu haben, daß durch den alkalischen Speichel *Kieselsäure* aus der Füllung ausgelaugt wird, die schon in kleinen Mengen der Pulpa gefährlich werden könne, wenn sie infolge von Formunbeständigkeit in die Kavität eindringt.

1927 nennt auch Kulka (82) als pulpenirritierenden Stoff (neben der Phosphorsäure) die Kieselsäure. Er veröffentlicht Ergebnisse der Untersuchung von 10 der gebräuchlichsten Zemente. Nach seiner Darstellung hat diese Untersuchung ergeben, daß die Abbindung der Phosphorsäure bei vielen Silikatzementen unvollkommen sei. Deren Mehrzahl erwiese sich als starke „Säureträger"; sie spalten noch lange nach vollendeter Erstarrung freie Phosphorsäure ab.

Eine auffallend pessimistische Haltung nimmt 1932 Feiler (88) ein. Indem auch er die Schädigung chemisch-toxischen Ursachen zuschreibt, und zwar ungenügender Bindung oder aber (wie Fasoli und Palazzi) dem Auftreten saurer Salze, fordert er, daß die Fabrikanten die Unschädlichkeit ihres Präparates experimentell festlegen, wenn nicht aus gesundheitlichen Gründen überhaupt verboten werden soll, daß bei lebender Pulpa Silikatfüllungen angewendet werden. Feiler bezeichnet das Absterben des Zahnmarks unter Silikatfüllungen wegen des Auftretens akuter Schäden und schwerer Folgeerscheinungen als ein außerordentlich schweres Problem, das, solange es ungelöst sei, zu Prophylaxe zwinge. Der Temperaturleitung der Füllungen sei durch Einlegen einer indifferenten, unschädlichen Zwischenschicht zu begegnen. Als bewährt bezeichnet Feiler Guttapercha, Zinkoxyd-, Nelkenöl- und Phosphatzementfüllungen, die letzteren mit Zusatz eines reizlosen Antiseptikums. Er nennt Thymol (Boenneken), Nelkenöl (Bruck) und Jodoform. Er greift auf den alten Vorschlag Detzners zurück, nach dem Robiczekschen Verfahren das Silikat- mit Zinkphosphatzement zu „doublieren". Er erinnert an die Brucksche Forderung von Unterlagen aus Phosphatzement, *die fast an die Ränder der Kavität gehen,* und dem etwas Eugenol oder Menthol beigemengt ist. Auch erwähnt er als Schutz (neben den üblichen Mastixlösungen und dem Oettingerschen Mastisol) das Obturasol von Kulka sowie auch eine von Wustrow zusammengestellte Lackmischung. In der Zusammenfassung seiner Darlegungen verlangt er, daß Silikatfüllungen bei Zähnen mit lebender Pulpa tunlichst ganz vermieden werden. Wo sie dennoch gelegt würden, sei unbedingt eine Zwischenschicht erforderlich. Er verlangt von den Fabrikanten genaue Dosierungsvorschriften sowie von der Forschung eine genaue Untersuchung der Chemie der Silikatzemente, die an die Stelle der jetzt waltenden Empirie eine wissenschaftliche Kontrolle möglich mache. Endlich verlangt er, daß in allen Ländern Material-Prü-

fungsstellen errichtet würden, welche die Unschädlichkeit der Füllungsstoffe zu kontrollieren haben. *Wie* diese Kontrolle *wirksam* gestaltet werden soll, darüber macht Feiler keine näheren Angaben. — In einem späteren Aufsatz (90) hält Feiler seine Bedenken gegenüber Einwendungen von Bamberger (93) und Lipschitz (89) aufrecht. Es sei die höchste Zeit, daß das Gewissen der Zahnärzte und der Fabrikanten wachgerüttelt werde, ernsthaft an die Lösung des Problems heranzugehen.

Ueber die Gefahren, die aus dem Silikatzement erwachsen, veröffentlicht 1933 Börsner (Libau) (97) eine aufschlußreiche Spezialstatistik, die er an der Hand der Kartothek einer lettischen zahnärztlichen Krankenkassenambulanz aufgestellt hat. Danach haben sich in den Jahren 1929 und 1930 aus der Behandlung mit Silikatzement unter 746 bezw. 938 Fällen rd. 12 bezw. 14% leichtere Schäden, rd. 4 bezw. 3% schwere Schäden ergeben, und es sind rd. 1,6 bezw. 1,5% Extraktionen erforderlich geworden. Börsner hält es bis heute noch für unklar, ob die Ursache der Schädigungen in einem Arsenderivat, in der freien, ungebundenen Säure oder in einem noch unbekannten schädlichen chemischen Agens zu suchen sei. Auch er fordert sichere Schutzmaßnahmen. Deren Unterlassung bezeichnet er als Kunstfehler. Alle Mittel zur Imprägnierung des Zahnbeines oder Lacküberzüge zum Schutze des Zahnmarks verwirft er als unsicher. Vom Schröderschen Tiranal behauptet er (ohne nähere Angabe), daß es häufig katastrophale Verätzung hervorrufe. Zwei Jahre später steigert Börsner (113) seine Bedenken zu der Aufforderung an die fachlichen Spitzenorganisationen, die Lösung des Silikatproblems weiter zu betreiben, ja entsprechend den Feilerschen Anregungen spricht er sogar den Wunsch aus, daß der IX. Internationale Zahnärztekongreß des Jahres 1936 beschließen möge, die Verwendung von Silikatfüllungen bei lebender Pulpa schlechthin zu verbieten.

Abweichend von Feiler und Börsner schreibt 1933 (98) Geyer die Schädlichkeit der Silikatfüllungen überwiegend technischen Fehlern zu, die bei Behandlung der Füllungsmasse begangen wurden. Dabei beruft er sich auf Lubetzki, den Mitberichterstatter Feilers auf dem Pariser Kongreß von 1931. Geyer glaubt, daß in der Regel nur diejenigen Schäden physikalischen oder chemischen Eigenschaften des Silikatzements zuzuschreiben seien, die sich innerhalb der ersten 14 Tage bemerkbar machen, während die Fälle, in denen die Anzeichen viel später — etwa ein-

halbes Jahr nach Füllung auftreten, offenbar auf bakterielle Infektion zurückzuführen seien. Die Feilersche Forderung nach genauen Dosierungsvorschriften ist nach Geyer in der Praxis schwer zu erfüllen. „Das korrekte Anrühren des Silikatzements ist und bleibt der beste Pulpenschutz".

Die große Schwierigkeit, den Dosierungsvorschriften der Hersteller gerecht zu werden, betont 1932 auch Gerb (86). Fischer (87) ist 1932 der Meinung, daß der Pulpentod in erster Linie als Folge infektiöser Prozesse aufzufassen ist, wobei Strukturfehler, Konstitution und Frühinfektion eine Rolle spielen, daß aber bei Silikatfüllungen noch eine chemische Giftwirkung hinzukomme.

In schroffen Gegensatz zu dem ungünstigen Urteil Fiedlers und Börsners stellt sich 1936 Dolder (118) in einer Abhandlung, die aus dem de Treyschen Forschungsinstitut hervorgegangen ist. Die Beweiskraft seiner Darlegungen leidet unter dem Eindruck, daß die Arbeit offenbar dem propagandistischen Zwecke dient, die Mängelfreiheit der de Treyschen Erzeugnisse Syntrex und Salvit unter Beweis zu stellen. Das geschieht an der Hand von hystologischen Befunden an Zähnen von 24 Jugendlichen, die Dolder — ohne Schutzunterlage — mit Syntrex und Salvit füllte. Entgegen der communis opinio geht Dolder offensichtlich davon aus, daß die neuzeitigen Silikatzemente — weil sie auf synthetischem Wege hergestellt würden, also nicht mehr die Unreinlichkeiten natürlicher Grundstoffe enthielten — das Zahnmark überhaupt nicht mehr oder doch nicht stärker beeinträchtigen, als andere Füllungsstoffe. Anderenfalls wäre es mit den Grundsätzen der Folgerichtigkeit nicht vereinbar, wenn Dolder mit großer Sorgfalt und Gründlichkeit als schadenbringend eine Reihe von Umständen aufzählt, die — abseits der chemischen und physikalischen Konstitution des Silikatzements – bei der Verwendung jeden irgendwie gearteten Füllungsstoffes vorliegen oder vorliegen können. So nennt er: Erbanlagen des Patienten, allgemeine Umweltseinflüsse, frühere oder bestehende Erkrankungen des Gesamtorganismus (insbesondere Infektions- und Stoffwechselkrankheiten), Gravidität, Trauma, Abnützung des Zahnschmelzes durch Alter des Patienten, ungünstige Beeinflussung des erkrankten Zahnes durch frühere konservierende Behandlung, Erschütterung des Zahnes im Laufe der Kavitätenpräparation, Durchbrechung der Schmelzdentingrenze und Verletzung der Tomes'schen Fasern, Den-

tinrisse, die beim Einpressen der Füllungsmasse entstehen mögen, Verbleib von Bakterien in der Kavität — und sogar die Möglichkeit, daß das *provisorische* Füllungsmaterial, mit dem die Höhle vor endgültiger Füllung verschlossen worden war, „vielleicht eine schädlichere Wirkung auf die Pulpa hatte, als das endgültige Füllungsmaterial". Die von der communis opinio bejahte *besondere* Schädlichkeit des Silikatzements vermögen alle solche Hinweise nicht zu erklären oder in Zweifel zu ziehen. Von diesem Blickpunkt aus sind also die Dolderschen Ausführungen wenig überzeugend. Immerhin ist es von Belang, daß Dolder bei seinem günstigen Urteil von der Voraussetzung ausgeht, daß die Füllung peinlich genau nach der vom Fabrikanten gegebenen Anweisung angerichtet wird, daß er die besondere Schwierigkeit dieser Anrichtung betont, daß er *davon abrät*, dem Zementpulver außer der vorgeschriebenen Flüsigkeit *irgendwelche Zusätze beizumengen*, daß er ferner vor der Anwendung von konzentrierten Desinfektionsmitteln — wie argentum nitricum, acid. trichloracet., Zinkchlorid — warnt und schließlich, daß er den Zinkphosphaten nachsagt, sie besäßen während der ersten 24 Stunden nach der Abbindung eine wesentlich größere Azidität und Restsäuremenge, als die Silikatzemente.

Diese Ansicht Dolders wird von Busch (120) nicht geteilt, indem er ausführt: „Die Phosphatzemente bestehen aus 80% Binde- und 20% Härtemasse, die Silikatzemente aus 20% Binde- und 80% Härtemasse. Die Flüssigkeit bildet in beiden Fällen die Phosphorsäure, deren Azidität durch Zusätze heruntergedrückt ist. Die Säure wird bei den Phosphatzementen völlig abgebunden, denn es bildet sich bei Säureüberschuß das sekundäre Salz. Wir haben also immer ein vollkommen abgebundenes Produkt. Freie Säure wird demnach fast nie auftreten, und wir verstehen, warum bei einer Phosphatzementunterlage die Pulpa nicht durch freie Säure angegriffen wird." — An anderer Stelle bespricht Busch die Wirkung der Zinkphosphatzemente als Silikatunterfüllung näher und bemerkt, daß es der Zinkphosphatzementunterlage möglich sei, geringe Mengen freier Phosphorsäure zu absorbieren. Ein Teil des tertiären Zinkphosphates wird ferner auf der Berührungsfläche in sekundäres überführt, das Gleichgewicht bei Zusatz von Phosphorsäure zu dem sekundären hin verschoben. $Zn_3(PO_4)2 + H_3PO_4 \rightleftarrows (ZnHPO_4)_3$. Entsprechende Versuche bestätigen ihm die Richtigkeit seiner Darlegung.

Im Korrespondenzblatt für Zahnärzte von 1936 S. 227 bespricht Masur (117) Versuche mit einem Schutzmittel „Addit", einem Pulver, das, der Füllung beigemengt, die Schädlichkeit des Silikatzements völlig beseitigen soll; dabei bekennt auch er sich als Anhänger der „doublierten" Füllungen, die er seit 1921 in Tausenden von Fällen gelegt habe, ohne jemals eine Reizung oder einen Pulpentod zu beobachten. Nach der Angabe Masurs soll die Anwendung von „Addit" die Schrumpfung der Füllung verhindern; auch soll das Zusatzpulver vermöge seiner wasserbringenden Eigenschaften die noch nicht abgebundenen Säuren in der Silikatmasse binden, „so daß eine Kontraktion bei den meisten im Handel befindlichen Silikaten überhaupt nicht, bei anderen nach Wochen oder Monaten erfolgt .... Nach dieser langen Zeit ist die Phosphorsäure längst abgebunden oder nach der freien Oberfläche der Füllung durch den Speichel ausgewaschen worden" (sic!) „und kann keinen Schaden mehr anrichten". Um zu verhindern, daß Säuren aus der Füllung an den Wänden und auf dem Boden der Kavität durch den Wassergehalt der Dentinkanälchen ausgelaugt werden, hat Masur sein Zusatzpulver mit beizenden Bestandteilen versehen, die für die Pulpa unschädlich sein, aber den organischen Inhalt der Dentinkanälchen verschorfen und ein Vordringen von sauren Lösungen bis ins Zahnmark verhindern sollen. Ueber die chemische Zusammensetzung seines Präparates läßt Masur bedauerlicherweise nichts verlauten, so daß eine chemisch-wissenschaftliche Nachprüfung seiner Angaben nicht ohne weiteres möglich ist.

Für den unbefriedigenden Ertrag der Versuche, das Silikatproblem zu lösen, ist bezeichnend, daß sich gerade in den letzten Jahren das Schrifttum in steigendem Grade der Frage zuwendet, wie den Schädlichkeiten des Silikatzements durch *Schutzmaßnahmen* begegnet werden könne. Ich nenne (1932) Kudernatsch (92), der zwei Jahre lang das Kulkasche Obturasol — wie er angibt mit Erfolg — angewandt hat; ich nenne ferner (1932) Auerbach (91), der die Verwendung einer Unterfüllung von Tiranal (Schröder) empfiehlt sowie (1932) Linke (94), der die alte Millersche Deutung von der Entkalkung des Zahnbeins aufnimmt. Durch Versuche will Linka ermittelt haben, daß *Lack*schichten die Entkalkung nicht verhindern, weil die bloß *mechanische* Scheidewand einer Lackschicht die Säurewirkung nicht aufhalte. Er will der *chemischen* Schädigung mit einer *chemischen* Abwehr entgegengetreten wissen; und zwar empfiehlt er, den Zahn-

schliff mit einer Calciumlösung zu befeuchten, wie sie etwa im *Adhäsinum* angeboten werde. Die Wirkung dieses Mittels schildert er dahin, daß sich, wie man sogleich beim Aufbringen der Säure beobachten könne, eine weiße kristallinische Schicht bilde, die nur mit Mühe vom Zahnbein abzukratzen sei, da die einzelnen Kristallstäbchen bis in die Dentilkanälchen hineinwüchsen. Linka will ferner gefunden haben, daß Adhäsnum einen Volumenschwund des Zementes völlig ausgleiche, ein Vorgang, der bei Lackunterlagen ausbleibe.

1934 empfiehlt auch Tuchler (106) das Schrödersche Tiranal als wirksam. Die Wirkung erblickt er nicht nur in der Verkieselung der Dentinkanälchen, sondern auch darin, daß das Präparat die Phosphorsäure spaltet, wobei eine weitere Kieselsäureschicht entstünde, die das Wandern der Säure verhindere.

Hansmann (108) spricht 1934 dem Contranox ähnliche Wirkungen wie dem Tiranal zu. Es würden zwar nicht die Dentinkanälchen verkieselt, wohl aber die eigenen festen Bestandteile des Präparates, nämlich Zinkoxyd und Silberpulver mit geringen Zusätzen von Kalziumoxyd und Kalziumkarbonat. Allerdings beschränkt sich nach Hansmann der Anwendungsbereich des Contranox auf den Schutz gegen thermische Reize und auf die Bindung freier Säure. Zur Behandlung von caries profunda sei Contranox nicht geeignet.

I. A. Eberly jr. (103) berichtet im selben Jahre im Dental Cosmos über seine Versuche, den toxischen Wirkungen der Silikatzemente durch eine neuartige Schutzmaßnahme zu begegnen. Das Ergebnis der Eberlyschen Untersuchungen faßt Flaumenhaft (119) dahin zusammen, „daß man bei Zementpulvern durch einen Zusatz von 3% Seife als neutralisierendes Agens die pH hinunterdrücken kann. Der Unterschied in der pH zwischen der Pulpa und der soeben gelegten Füllung wird merkbar kleiner und kann nicht mehr schädlich sein". Flaumenhaft (119) hat die von Eberly propagierte Methode in der Praxis erprobt. Dabei verwandte er sapo medicatus, weil ihm die von Eberly benutzte amerikanische Seifensorte nicht zur Verfügung stand und die Anforderungen der Pharmakopee genügend Sicherheit für Reinheit und beständige Zusammensetzung bot. Den Vorgang der Mischung beschreibt Flaumenhaft so:

„Man stellt das Gewicht des Zementpulvers aus der Flasche fest und wiegt 3% dieses Gewichtes Seife ab. Zur Seife werden

stets kleine Mengen Zementpulver gefügt und gut vermischt, indem man mit einem Stöpsel in einem großen Mörser oder einer Porzellanschale reibt." Die Verwendung einer solchen Mischfüllung soll — auch bei sehr tiefen Kavitäten — alle Schutzunterlagen irgendwelcher Art überflüssig machen. Ferner bezeichnet Flaumenhaft ein feuchtes Milieu für Silikatzemente schon 5—7 Minuten nach dem Einbringen als eine conditio sine qua non, da das Eigentümliche des Silikatzements als Kolloid die Bildung eines Gel von Kieselsäure sei. Durch Austrocknen würde die Füllung unwiderruflich verdorben; daraus könne man schließen, daß es nicht zweckmäßig ist, frisch gelegte Füllungen mit Paraffin oder irgend einem Lack zu bedecken. Nach Flaumenhaft ist das Seifensilikatzement auch von anderen Praktikern mit großem Erfolg angewendet worden.

Zu den neuesten Autoren, die sich mit dem Problem der Azidität der Silikatzemente befaßt haben, gehört Busch (120). Dieser hat in seiner oben erwähnten Arbeit Stellung zu der Anregung von Eberly genommen. Von Busch unternommene Versuche ergaben, daß der Zusatz von 3% Seife die Säureabspaltung nicht verhindert, dagegen aber die Güte des Silikatzementes hinsichtlich seiner Löslichkeit verschlechtert. — Ferner machte Busch eine Reihe von Versuchen, um die Säureabspaltung bei einer Reihe von Silikatpräparaten festzustellen. Die von ihm untersuchten Präparate bezeichnet er mit den Buchstaben A—M (!). Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Busch zu dem Ergebnis, daß große Unterschiede sowohl hinsichtlich der Säureabspaltung, als auch der Hydratisierung (Austausch von Phosphorsäure gegen H_2O) unter den einzelnen Präparaten bestehen. Er bezeichnet das Präparat „B" (?) als das Beste unter allen untersuchten Präparaten. Dieses wies die geringste Azidität in aqua dest. (Verbrauch von 7,4 NaOH) und die geringste, der Säureabspaltung direkt proportionalen, Gewichtszunahme von 1,3 auf. — Weiter stellte Busch bei einigen Präparaten mit erheblicher Azidität *Gewichtsabnahmen* fest, die von ihm mit der Auflösung in der Untersuchungsflüssigkeit erklärt wird. Gerade hierdurch, berichtet er, werde die Azidität erhöht, da durch die Auflösung neue Oberflächen geschaffen würden. Als die wahrscheinlichen Ursachen der Schädigungen des Zahnmarks gibt er chemisch-toxische und bakterielle Einwirkungen an. Die sich meist später *an eine Nekrose* des Zahnmarks unter einer Silikatfüllung anschließende Gangrän ohne Sekundärkaries erklärt sich

Busch durch das Eindringen von Bakterien vom Munde her. Durch die Löslichkeit der Silikate an der Oberfläche entstehe ein feiner Haarspalt, durch den Mundbakterien einwandern könnten. Diese fänden auf ihrer Wanderung durch die Einwirkung der Phosphorsäure entkalkte Dentinkanälchen vor. Dieser Umstand gestatte, so meint er, eine direkte Einwirkung auf die geschädigte Pulpa, *ohne* Sekundärkaries hervorzurufen. — Bezüglich der Frage der Schutzmaßnahmen unter Silikatfüllungen kommt Busch nach seinen Versuchen zu dem Ergebnis, daß *Neutracid* als das beste und nach diesem das *Phosphatzement* als das zweitbeste Unterfüllungsmittel zu gelten hat. Zu den von ihm untersuchten Schutzmitteln gehörten außer Neutracid und Zinkphosphatzement noch Obturasol, Antac, Durosim und Sapo medicinalis. Am schlechtesten schnitt, wie bereits berichtet, Sapo medicinalis ab.

B.

Die Vermutung *mechanisch-physikalischer* Unzulänglichkeit des Silikatzements, deren Erörterung ich mich nunmehr zuwende, rügt übermäßige Schrumpfung oder auch Ausdehnung, in Verbindung mit Schrumpfung ungenügenden Randschluß und geringe Klebefähigkeit, sowie Durchlässigkeit. Es ist zu beachten, daß solche Mängel nicht, wie chemisch-toxische Einflüsse, das Zahnmark unmittelbar schädigen; hier vollzieht sich die Schädigung vielmehr mittelbar, nämlich durch Vermittlung von Mundbakterien, denen jene Mängel den Weg zum Zahnbein und schließlich zum Zahnmark öffnen. So hat es seine Berechtigung, wenn diese Frage von manchen Autoren, so 1922 von Dieck (66) unter dem Gesichtswinkel der Rückfallkaries behandelt wird.

Vielfach, so 1913 von Proell (47), 1922 Andresen (52), Dieck (66) und Hensel (68) wird mit Nachdruck betont, daß die Frage nach der Raumbeständigkeit den Kernpunkt des ganzen Problems bildet. Der Erkenntnis dieser Wichtigkeit haben sich auch die Hersteller von Anbeginn nicht verschlossen, sondern ihr dadurch Rechnung getragen, daß sie fortgesetzt darum bemüht waren, die Raumbeständigkeit zu verbessern, die bei manchem der ersten Erzeugnisse zweifellos beträchtlich zu wünschen ließ. Das kann aus dem Schrifttum jener Jahre unschwer abgelesen werden. In den ersten Jahren nach Einführung des neuen Zements scheinen die praktischen Erfahrungen mit seiner Raumbeständigkeit denk-

bar schlecht gewesen zu sein. Der Jahrgang 1906 der Zahnärztlichen Wochenschrift enthält ein reichliches Maß absprechender Urteile. So erlebten z. B. Silbermann (12), Reißner (13), Schachtel (9), Rähm (10) und Müller (7) in der Praxis so starke Schrumpfung, daß schon nach wenigen Tagen die Füllungen in der Höhle hin- und herbewegt werden konnten oder gar herausfielen. Zehn Jahre später, im Jahre 1916 erkennt Proell (63) an, daß im Vergleich zu den Versuchen, die er im Jahre 1912 vornahm, seine Versuche an neueren Erzeugnissen eine Besserung der Raumbeständig ergeben hätten.

So gilt auch hier, daß die in der Frühzeit des Silikatzements angestellten Untersuchungen heute keine maßgeblichen Aufschlüsse mehr vermitteln, weil sie an Erzeugnissen vorgenommen wurden, die in jener Zusammensetzung heute nicht mehr vorhanden sind. Dahin gehören die zur Prüfung des Randschlusses 1905 von Morgenstern (3) im Laboratorium angestellten Versuche, die sich vorwiegend auf die Widerstandsfähigkeit gegen 0,5% Milchsäure bezogen. Versuche, bei denen Morgenstern zu ermitteln glaubte, daß Silikatzement in 40 Tagen 40 bis 78% an Gewicht verliert. Hensel hat 1922 (68) unter Berufung auf Richter (39) die Morgensternschen Versuche überdies als unzuverlässig bezeichnet, weil Laboratoriumsversuche nicht den Verhältnissen gerecht würden, wie sie im Munde vorliegen. Ähnlichen Vorbehalten dürfte das Urteil über Laboratoriumsversuche unterliegen, die 1907 Kulka (22) in gleicher Richtung vornahm, und bei denen er zu wesentlich günstigeren Ergebnissen gelangte. Hier betrug die Löslichkeit in 0,5%iger Essigsäure 0,56 bis 1,64% und in 0,5%iger Milchsäure 5,3 bis 9,3%. 1908 wies Rawitzer (31) darauf hin, daß zwischen den verschiedenen Erzeugnissen, „enorme Differenzen" bestünden. Er war der Meinung, daß „alle schrumpfen" und damit ihre Klebefähigkeit einbüßten. Völlige Kontraktionslosigkeit, so meinte er, ließe sich erreichen, aber nur auf Kosten verminderter Widerstandsfähigkeit gegen Mundsäuren. Füllungen, die sowohl kontraktionslos wie auch unlöslich seien, blieben nach dem Anrühren noch mehrere Stunden weich. In jenen Jahren scheint Sachs (20) ziemlich allein dazustehen, wenn er 1907 schreibt, daß weder Schrumpfung noch Ausdehnung stattfinde und wenn er nur mangelnde Klebefähigkeit rügt. 1908 schreibt Bostock[2] unter

2. Im British Dental Journal III 1908, cit. M 1910, S. 1905.

5 Präparaten (Schönebeck, Ascher, Harvardid, Astral und Porzellanoid) nur dem Schönebeckschen Präparat Schrumpfungslosigkeit und starke Klebekraft zu.

Ein besonders lebhafter Meinungsaustausch setzte im Jahre 1913 ein. Den Anstoß dazu hat wohl Proell (47) mit der Veröffentlichung seiner Versuche gegeben. Diese Versuche, die allgemeines Aufsehen in der Fachwelt erregten, wurden für so aufschlußreich angesehen, daß der erste Teil seiner Arbeit mit einem Preise der Adolf-Witzel-Stiftung ausgezeichnet wurde. Es würde den Rahmen meiner Arbeit sprengen, wenn ich es unternehmen wollte, die Proellschen Untersuchungen in allen Einzelheiten zu beschreiben. Ein kurzer Ueberblick mag genügen.

Proell — der eine Giftwirkung des Silikatzements für möglich, aber nicht für erwiesen ansah — stellte seine Untersuchungen auf diejenigen physikalischen Eigenschaften der Silikate ab, welche die Gangrän des Zahnmarks verursachen können. Wenn unterstellt würde, daß das Gewebe des Zahnmarks noch gesund, das kariöse Zahnbein genügend entfernt und die Höhle gehörig desinfiziert war, so gebe es für die Einwanderung der Bakterien nur vier Möglichkeiten:

1. die Bakterien stammen aus dem Blut und zerstören das Zahnmarkgewebe, das durch bestimmte physikalische (NB. nicht chemische!) Eigenschaften des Silikatzements in einen chronischen Reizzustand versetzt und in seiner Lebenskraft geschwächt war.

2. Die Bakterien sind mit der Silikatfüllung in die Höhle gebracht.

3. Die Bakterien sind durch die Füllung hindurchgewandert und durch die Kanälchen des Zahnbeines ins Zahnmark gelangt.

4. Die Bakterien sind an der Berührungsfläche zwischen Füllung und Zahnbein in das Zahnmark eingedrungen.

Im Rahmen unserer Erörterung sind von Belang nur die Versuche, die Proell zur Erforschung der Möglichkeiten zu 3. und 4. anstellte.

Zu 3. hat auch Proell (wie vor ihm Kulka) die Durchlässigkeit des Silikatzements für Bakterien zunächst dadurch geprüft, daß er versuchte, inwieweit Farblösungen, z. B. eine wässerige Methylenblaulösung, in eine erhärtete Silikatmasse eindringen. Ueber das Ergebnis dieser Prüfung berichtet Proell nicht. Wohl aber erklärt er selbst diese Art der Untersuchung für wenig maßgeblich, weil Methylenblaulösung eine homogene Flüssigkeit ohne korpus-

kuläre Elemente sei. Die Farblösung dringe also als ein Ganzes in die Oberfläche des Silikates ein. Diese Beobachtung ließe aber keinen Schluß darauf zu, wie sich das Silikat zur Körperlichkeit der Bakterien verhält. Zur Klärung dieser Frage verschloß er Glasröhren unter sterilen Bedingungen an der unteren Oeffnung mit einer 1½–2 mm starken Schicht Silikatzement, dichtete den Verschluß an den Glaswandungen verläßlich ab, füllte das Glasröhrchen zum Teil mit keimfreier Bouillon und hängte es (bei gleichbleibender Wärme von 37 Grad) in eine bakterienhaltige Flüssigkeit so hinein, daß der Spiegel der umgebenden Flüssigkeit um 2 bis 3 cm höher stand, als der Spiegel der Bouillon. Dieser Versuch, für den Proell völlige Nachahmung der im Munde vorhandenen Bedingungen in Anspruch nahm, ergab, daß die untersuchten Silikatzemente während einer zweimonatigen Beobachtungszeit *keine* Bakterien durchließen. Untersucht wurden hier, wie bei den anderen Versuchen, die damals gebräuchlichsten Silikaterzeugnisse.

Zu 4. — Raumbeständigkeit, Klebefähigkeit — machte Proell eine beträchtliche Reihe von Versuchen. Er versah Glasröhrchen mit einer Silikatfüllung und stellte mangelnde Wandständigkeit fest. Das gleiche Verfahren an extrahierten lufttrockenen Zähnen zeigte das gleiche Ergebnis. Zementringe von 1 mm Dicke, die er um etwa fingerdicke Glasröhrchen legte, bekamen beim Trocknen an der Luft — einzelne auch in Mundflüssigkeit von 37 Grad — Risse. Die Füllung von kleinen Glasnäpfchen mit senkrechten Wänden wurde in Mundflüssigkeit von Blutwärme binnen einer Woche lose. Wurde in diesem Falle dem Speichel Farbstoff zugesetzt, so verfärbte sich der Randschluß zum großen Teil.

Aus allen diesen Beobachtungen leitete Proell die Feststellung ab, daß das Silikatzement schrumpft. Diese Schrumpfung tritt nach seiner Meinung insbesondere dann ein, wenn Silikatzement längere Zeit (zwei Monate) in Flüssigkeit gestanden hat und darauf an der Luft trocknet; alsdann soll die Schrumpfung schon nach 20 bis 30 Minuten eintreten. Proell bezeichnet gerade die Beobachtung als besonders wichtig für die Praxis. In den Zähnen, die durch irgendwelche Ursachen (abnormen Biß, ungenügenden Lippenschluß, längeres Atmen bei offenem Munde) nicht von Mundspeichel dauernd befeuchtet werden, verfehlen Silikatfüllungen völlig ihren Zweck. Sie entfernen sich durch Volumenabnahme von der Wand der Höhle und geben den Weg ins Zahnbein frei. Des-

halb warnte Proell davor, zur Füllung von Frontzähnen Silikatzement zu verwenden.

Die Feststellungen Proells sind stark umstritten worden. Insbesondere leugneten 1913 Greve (48) und Fränzel (57), auch 1922 Palazzi (70), die Beweiskraft der Proellschen Untersuchungen. Greve wies darauf hin, daß Schrumpfung auch bei Amalgamfüllungen vorkäme, bei denen Pulpentod nie so unmittelbar, wie unter Silikatfüllungen vorgefunden werde, wohl aber Rückfallkaries. Die Schrumpfung habe nicht die Bedeutung, die ihr Proell beimesse, sonst würden Pulpentode viel häufiger vorkommen, als es ohnehin der Fall sei. Die bisherigen klinischen Erfahrungen sprächen dafür, daß die Schädigung der Odontoblastenschicht den Anfang aller Erkrankungen des Zahnmarks bilde. Greve will den Eindruck gewonnen haben, daß die Schädigung am häufigsten in tiefen Höhlen eintrete, und daß am meisten diejenigen Zähne betroffen würden, in denen das Zahnmark anatomisch der Oberfläche am nächsten ist, nämlich Bikuspidaten sowie seitliche und untere Schneidezähne. Greve ist der Meinung, daß *Porosität* der Füllung, die sich als Mangel der chemischen und mechanischen Konstitution des Silikatzements erweist, ein ärgerer Feind seiner Brauchbarkeit sei, als die geringe Schrumpfung.

Aehnliche Auffassungen vertritt 1913 Fränkel (49). Auch er verweist auf die Amalgamfüllungen und erinnert daran, daß bei diesen die Schrumpfung zuweilen so groß sei, daß Zwischenräume mit bloßem Auge wahrgenommen werden können. Trotzdem werde unter solchen Füllungen ganz gesundes Zahnbein vorgefunden. Im übrigen gebe es auch Silikatzemente — Fränkel nennt das Transluzin —, die nach seiner Wahrnehmung überhaupt nicht schrumpfen.

Richter (51) bemängelt 1913 an den von Proell veranstalteten Versuchen, daß sie an Glasröhrchen vorgenommen sind. Füllungen zum Zwecke solcher Untersuchung in andere Körper, z. B. Metalle, Glas Stahl, Bronze, ja selbst Knochen einzubringen bezeichnet er als verfehlt, da alle diese Stoffe einen anderen Ausdehnungskoeffizienten haben, als der natürliche Zahn. Solche Untersuchungen müßten also zu Fehlschlüssen führen.

Seine oben besprochene Arbeit von 1913 hat Proell drei Jahre später durch Mitteilung weiterer Erfahrungen und Untersuchungen ergänzt (63). Er erwähnt zunächst den Fall zweier Patientinnen, bei denen das Zahnmark oberer Schneidezähne unter zwei Jahre

alten Silikatfüllungen von mittlerer Größe jauchig zerfallen war. In beiden Fällen seien heftige Entzündungserscheinungen aufgetreten. Extraktion und bakteriologische Untersuchung des Zahnmarkeiters habe in einem Falle eine Unmenge verschiedener Kugel- und Stäbchenbakterien, vermischt mit Schimmelpilzen, aufgewiesen. Im zweiten Falle seien Streptokokken gefunden, ferner sehr lange unbewegliche Stäbchen. Proell glaubt daraus den sicheren Schluß ziehen zu können, daß in beiden Fällen das Zahnmark *vom Munde* her infiziert worden sei. *Aus dem Blute* hätten insbesondere die *Pilze nicht* stammen können, *anderenfalls hätte die Erkrankung des Zahnmarks mit einer schweren Allgemeininfektion einhergehen müssen*, was nicht der Fall gewesen sei. *Das perizementale Gewebe* beider Zähne habe sich *röntgenologisch* und *makroskopisch als völlig gesund erwiesen*. Schmelzsprünge seien bei Lupenbetrachtung ebensowenig nachweisbar gewesen, wie versteckte Karies. In beiden Fällen käme als Eingangspforte für die pulpengangränezierenden Mundbakterien nur der Weg zwischen Zahngewebe und geschrumpfter Füllung in Frage. Beide Füllungen seien am Rande leicht verfärbt gewesen und beim Sprengen der Zähne zum größten Teile aus den Kavitäten gefallen. Das *im Grunde beider Kavitäten wenig verfärbte Zahnbein* sei *nicht erweicht*, wohl aber, wie die bakteriologische Untersuchung des Bohrstaubes ergeben habe, von allerhand *Keimen durchsetzt* gewesen; es habe also keine ausgesprochene Karies vorgelegen.

Den Einwendungen, die gegen seine früheren Versuche erhoben waren, suchte Proell durch Mitteilung weiterer Versuche zu begegnen, die gleichfalls „bei fast allen Zementen" deutlich Schrumpfung erwiesen hätten. Bei einem Versuch, den Proell selbst anstellte, handelte es sich darum, daß im Brutschrank ein bis zu $^{1}/_{100}$ mm genaues Mikrometer in dem zu prüfenden Zementstück befestigt wurde. Zwei weitere Versuche hat nach Proells Mitteilung Remmler angestellt. In Fortbildung des Proellschen Versuches verwendete Remmler dabei statt einer Glasröhre einen raumbeständigen Rundstab, der aus einem Gemisch von schrumpfendem Kautschuk und sich ausdehnender Füllmasse bestand. Den zweiten Versuch nahm Remmler an einem polierten Bronzestab von schwach sich verjüngender Form vor, der in der Längsrichtung mit Teilstrichen zu 2 mm versehen war. Es habe sich ergeben, so berichtet Proell, daß ein um den Stab gelegter Zementring von gegebenem Durchmesser, nachdem er vorsichtig

von dem Stab gezogen und auf Mundkondition erwärmt war, sich so verengert hatte, daß er auf dem Stabe nicht wieder auf dieselbe Stelle geschoben werden konnte, sondern nur bis zu einer Stelle von geringerem Durchmesser. Der Grad der Schrumpfung habe an der Gradskala abgelesen werden können: er habe bis zu 3,7% betragen, was für die Einwanderung von Bakterien genüge.

Zum Schlusse erörtert Proell eine von Schoenbeck angewandte Methode zur Prüfung der Schrumpfung. Er erklärt diese Methode wie folgt: „In den Termostaten wird eine feuchte Kammer gestellt, die aus einem Glasgefäß mit planparallelen Wänden besteht. In diese Kammer wird ein Glasstab gebracht, der an seinem unteren Ende das kegelförmige Zementstück trägt. Durch ein seitlich angebrachtes Fernrohr mit Okularmikrometer wird nun die Spitze des Untersuchungsobjektes beobachtet und die Verkürzung des Zementkegels direkt wahrgenommen. Zu exakten Messungen benötigt man neben dem erwähnten Okularmikrometer ein zweites Mikrometer, das seitlich an dem Glasstab oder besser an der hinteren Kammerwand befestigt, genau in die Ebene des Zementkegels gebracht wird."

Eine weitere Methode, die Schoenbeck zur Prüfung der Raumbeständigkeit angewandt hat, beschreibt Hensel (68) 1922 in folgender Weise:

Eine Eckzahnkavität wird bis zur Pulpa durchbohrt, der Pulpenkanal erweitert, die halbe Wurzel abgeschnitten, die Kavität gefüllt und mittels einer Sonde ein Wattefaden in den Wurzelkanal eingelegt. Nach ihrem Erhärten wird die Füllung des öfteren befeuchtet, nach drei Tagen wird ein Gummischlauch, der mit einer Wasserstrahlpumpe verbunden ist, an die Wurzel angesetzt. Der Zahn wird eingewachst außer der Kavität und dann in wässerige Metyolviolettlösung gelegt. Ist Kontraktion an der Füllung eingetreten, so muß der Wattefaden im Wurzelkanal gefärbt sein. –

Auf die Ergebnisse der Proellschen Untersuchungen haben sich später (1922) Wustrow (69) und Rebel (67) zustimmend berufen, während im selben Jahre Dieck (66) auf Grund eigener Versuche zu entgegengesetzten Ergebnissen gelangte. Diese Versuche hatten Harvardid, Opalith, Silikoll, Synthetik, Transluzin, Aschers Zement und Smith Zement zum Gegenstande. Dieck wandte drei verschiedene Prüfungsmethoden an:

a) Die Prüfung, wie sie bei Bauzementen üblich ist: Anfertigung dünner Platten (10–50 mm mal 1—2 mm) zwischen Spiegel-

glasplatten und ihre wochenlange Aufbewahrung in Wasser. Bei keinem der untersuchten Silikatzemente traten Sprünge auf.

b) Die Pyknometerprüfung: Ein Versuchskörper von 12 bis 15 mm Länge und 6 mm Durchmesser wird nach vollständiger Abbindung mit Schwefelkohlenstoff bedeckt, um Hydration des Zements zu verhindern. Darüber wird bis zur Mitte des Kapillarrohres Wasser geschüttet. Das ganze Pyknometer wird in ein Dewarsches Gefäß verbracht. Nach zwei Stunden, wenn Ausgleich etwaiger Temperaturunterschiede angenommne werden kann, wird das Pyknometer an einem vorher daran befestigten Faden aus dem Dewarschen Gefäß herausgehoben, so daß die Höhe des Wasserstandes an der Kapillare abgelesen werden kann. Dann wird das Pyknometer wieder in das Gefäß hinuntergestellt; dieses wird mit dem Kork verschlossen. Nach einigen Tagen wird der Wasserstand in der Kapillare abgelesen; sein Absinken läßt auf Schrumpfung, sein Ansteigen auf Ausdehnung des Zementes schließen. Auch bei dieser Prüfung hat sich nach der Dieckschen Darstellung bei keinem der Präparate eine erwähnenswerte Volumenzu- oder Abnahme des Zementkörpers feststellen lassen. Um dem Einwande zu begegnen, daß die Hydratisierung nicht verhindert werden dürfe, wenn man den Verhältnissen im Mund Rechnung tragen wolle, hat Dieck noch

c) die Zemente in der Federleere geprüft, die in Wasser gestellt wurde. Alle Präparate zeigten auch hier Formbeständigkeit. Bei einer besonderen Vergleichsprüfung von Silikoll und Transluzin hat Silikoll wieder Unveränderlichkeit der Länge des Versuchszylinders ergeben, während bei Transluzin der Zylinder um 1 mm *länger* geworden war. Dieck betont, daß Schrumpfung nachteiliger sei, als Ausdehnung, weil Schrumpfung Undichtigkeit des Rand- und Wandschlusses und in weiterer Folge Karies verursache, während Ausdehnung einen geringeren Nachteil bedeute, wenn sie sich in mäßigen Grenzen bewege. —

Besonderer Erwähnung wert ist endlich das im Jahre 1932 auf den Markt gebrachte Präparat *Durosim*, dem beträchtliche Vorzüge zugeschrieben werden. Es handelt sich dabei um eine Flüssigkeit, die beim Anrühren des Zements auf der Glasplatte der Phosphorsäure beigegeben wird und mit dieser eine Emlusion bildet, so daß nach dem Anmischen die Gewähr für eine vollkommen gleichmäßige Verteilung bis in die kleinsten Teile der Füllung gegeben ist. Remner (101) folgert 1934 aus diesem Umstande, daß das

Durosim unabhängig von der Zusammensetzung der verschiedenen Silikaterzeugnisse angewandt werden könne, da es deren Wesentlichkeit, die Struktur, nicht verändere.

Ueber die Wirkung des Durosim sind mehrfach Versuche angestellt, über die Remner a. a. O. und in neuester Zeit Walter (110) berichtet. Die Versuche wurden von Schoenbeck, dem Staatlichen Materialprüfungsamt und von Walter ausgeführt. Sie hatten durchweg sehr günstige Ergebnisse. Nach Walter legte Schoenbeck Kugeln aus Silikatzement, mit und ohne Beimischung von Durosim, in Farblösungen. Nach Spaltung der Kugeln zeigte sich bei dem mit Durosim angerührten Zement die Bruchfläche farbstoffrei, was auf völligen Verlust der Porosität schließen läßt. Das gleiche Ergebnis hatten ähnliche Versuche des Staatlichen Materialprüfungsamtes, bei denen die Zementkugeln 24 Stunden lang im Thermostaten bei 37 Grad C in 100% relativer Feuchtigkeit belassen und anschließend auf 8 Tage in künstlichen Speichel gelegt wurden, der mit Säure-Fuchsin gefärbt worden war. Auch bei diesen Versuchen erwiesen sich die Bruchflächen der mit Durosim-Zusatz gefertigten Versuchskörper als farbstofffrei. Auch die von Walter angestellten Versuche, die er an Lithodont, SS-White-Suprasilikat, Synthetik und Marmor-Zink-Silikat vornahm, hatten günstige Ergebnisse, soweit frisches Durosim verwandt wurde, das nicht zuviel den Einwirkungen der Luft ausgesetzt war. Ueber *praktische* Erfahrungen mit der Anwendung des Durosim bei den Präparaten De Treys Syntrex, Marmorith Silikat, Harvard Phosphat, Drala Steinzement und Jota-Siliziumkarbit teilt Remner mit, daß er außer Beseitigung der Porosität und völliger Undurchlässigkeit auch Herabsetzung der Schrumpfung zu beobachten oft Gelegenheit gehabt habe. Wiesner (99) bezeichnet (1933) Durosim geradezu als die Lösung der Silikatfrage. Aehnlich günstig äußert sich (1935) Bantow (109). —

Nachtrag.

Die folgenden, im „Nachtrag" berücksichtigten Veröffentlichungen müssen dem *Abschnitt „A"* des ersten Teiles dieser Arbeit (Verdacht auf chem.-tox. Ursachen) zugerechnet werden

Zu einer *ablehnenden Haltung* gegenüber der Säuretheorie kommt nach seinen Untersuchungen in neuester Zeit Rothen (122). Nach seiner Meinung kann es zu einer Schädigung des Zahnmarks durch freie Säure nicht kommen, da der Ph-Wert für die von ihm untersuchten Silikate nach 5 Minuten 5—6, nach 12 Stunden um 6,5 herum und nach völliger Abbindung gegen 6,7 nicht über dem Säurewert des Speichels liegt, da dieser zwischen 5 und 7,5 wechselt. — Da die von Eberly ermittelten Ph-Werte nach 12 Stunden um 5,5, die von Rothen dagegen sich zwischen 6,5—6,6 bewegten, wirft dieser die Frage auf, ob Eberly die in aqua dest. stets vorhandene Kohlensäure berücksichtigt habe, oder ob es sich bei den von ihm gefundenen Ph-Werten um Mittelwerte zwischen Zement- und Kohlensäure handelt. — Verglichen mit der Tabelle von Kordatzki (104) hat demnach der Ph der Silikate einen höheren Wert, als der der meisten Nahrungsmittel. — Rothen betont ferner, daß ihm die beobachteten Ph-Werte die Annahme einer freien Säure nach 15 Minuten nur bei einem Zement, daß er mit „C" bezeichnet, gestattet. Wie auch schon andere Autoren weist allerdings Rothen darauf hin, daß bei dünn angerührten Silikaten die Säurewerte entsprechend höher liegen. - Nach allem vertritt er die Auffassung, daß eine nur „1 mg." betragende Säuremenge, die 15 Minuten nach dem Anrühren in der Füllung verbleiben kann, keinen Schaden anzurichten vermag, da hiervon wieder nur ein Bruchteil in Richtung auf die Pulpa zu diffundieren in der Lage ist. Der Autor betont zum Schluß, daß sich nach seinen Untersuchungen die *Zink*-Silikatzemente bezüglich ihrer Säurewerte nicht wesentlich von den Silikaten unterscheiden. —

Weiter beschäftigen sich in letzter Zeit mehrere Autoren mit der Frage, inwieweit der *Temperatureinfluß* sowohl auf die mechanische Güte, als auch auf die Abscheidung freier Säure der Silikatfüllung Einfluß nimmt. —

Hier sei zunächst Titkemeyer (121) genannt. Er erkennt in vollem Umfange die Säuretheorie als zu Recht bestehend an, wenn er schreibt: „Die Tatsache, daß vorwiegend die überschüssige Säure für den Pulpentod verantwortlich zu machen ist, muß folgerichtig zu der Vorsichtsmaßregel führen, die zum Anrühren des Füllmaterials erforderliche Säuremenge auf das Mindestmaß herabzusetzen." Er empfiehlt, um eine konstante Temperatur der Anrührplatte zu gewährleisten, die von den Jotawerken herausgebrachte *„Thermo-Anrührplatte"*. Diese soll, so bemerkt er, nach den Angaben des Herstellers die optimale Temperatur von *20° C* haben. — Diese heute schon überholte, auch von Gwinner (128) erhobene Forderung nach einer *warmen* Anrührplatte, findet ihre Begründung in der Annahme, — eine allzuverzögerte Bindung der Phosphorsäure könne das Zahnmark schädigen. Diese Ansicht drückt auch Titkemeyer aus, wenn er schreibt: „Bei einer zu langsamen Erhärtung und demgemäß auch einer verzögerten Bindung der Phosphorsäure besteht bei Silikatfüllungen, besonders in tiefen Kavitäten, bei jugendlichen Patienten, und weniger widerstandsfähigen Zahnpulpen zweifelsohne die Gefahr einer Pulpenirritation." — Aber schon im selben Aufsatz spricht Titkemeyer die zur Zeit geltende Ansicht aus, daß eine niedrige Temperatur erhöhte Zugabe von Pulver gestattet, wodurch eine verstärkte Bindung sonst nur locker gebundener Säure eintritt. Er findet diesen Uebergang von der alten Forderung zu neuen, wenn er schreibt: „Je höher die Temperatur ist, um so weniger Pulver kann zugesetzt werden. Dadurch erhöht sich natürlich der Säureüberschuß." Weiter weist der Verfasser noch darauf hin, daß eine Silikatfüllung sich, bei niedriger Temperatur in die Kavität gebracht, durch die Temperatur der Mundhöhle *ausdehnt* und somit einen *guten Randschluß* gewährleistet. Ferner nenne ich Hettinger (127), der u. a., wie auch Diener (130) zu der Schlußfolgerung kommt, daß die kühl angerührten Silikate eine besonders günstige Expansion innerhalb der Kavität zeigen, die, wie er schreibt, „einen Randschluß erreichen können, der den der Amalgame bei weitem übertrifft." – Dieser Schlußfolgerung pflichtet Titkemeyer (129) in einer weiteren Arbeit *nicht* bei und bezeichnet sie als spekulative Erwägung, die einer kritischen Ueberprüfung nicht standhalten könne. Er betont, daß man den für ein bestimmtes Silikat gefundenen Ausdehnungskoeffizienten nicht auch für andere Silikate als gültig ansehen darf und verweist ferner

auf die später oft nach Tagen noch eintretende Kontraktion der Füllung.

Daß die Gedanken der Forscher sich bei dem Bemühen, eine möglichst optimale Pulvermenge zur Phosphorsäure zu geben, auf verschiedenen Wegen befinden, zeigt Hinze (131). Durch die Benutzung einer genormten Tablettenpresse für das Zementpulver, sowie eines geeichten Zelluloidfläschchens für die Phosphorsäure, will dieser Autor der Gefahr der überschüssigen Säure durch ungenügende Pulverzutat begegnen.

Diese Anregung greift Moeller (132) begeistert auf und bezeichnet sie als das „Ei des Columbus", doch glaubt er die Art der Dosierung einfacher lösen zu können. Zu diesem Zweck schlägt Moeller geeichte doppelendige Löffelchen vor „und zwar auf der einen Seite passend für Pulver zu einem Tropfen Flüssigkeit, auf der anderen Seite für Farbsilikatzusätze. Die Löffelchen werden auf gestrichen voll geeicht." — Die äquivalenten Tropfenflüssigkeiten sollen auch bei diesem Lösungsversuch aus einem Zelluloidfläschchen, wie von Hinze gefordert, gegeben werden.

In einer weiteren Abhandlung bepricht Diener (126) die Schwierigkeiten, eine wirklich sachgemäße Silikatfüllung anzurühren. Er bemerkt dabei, daß es gerade bei der Prozedur des Anrührens darauf ankomme, die Bindemasse im Silikatkörper durch einen möglichst optimalen Mengenzusatz an Pulver zu erhöhen. Zu diesem Zweck empfiehlt er wiederum ganz besonders die Thermoanrührplatte, die nach der R-G-T.-Regel durch die niedrige Temperatur den Abbindeprozeß zurückhält, so daß es dem Zahnarzt möglich ist, ein größeres Quantum Pulver zur Phosphorsäure hinzuzufügen. Wie Diener weiter betont, ist das Jotawerk bei der Herstellung des *„Diasilic"* ebenfalls den Weg der Vermehrung der Bindemasse zur Vermeidung der Schädigungen durch Phosphorsäure gegangen. In diesem Präparat ist die „Bindemasse bis zu 20% erhöht." Der Autor hebt hervor, daß dadurch ein großer Teil der vorhandenen Phosphorsäure chemisch abgebunden, die Härte und Transparenz des Präparates jedoch verringert wird. Das Jotawerk hat bei dem Diasilic diesen Mangel durch *Zusatz* von kristallisiertem Kohlenstoff, d. h. durch *Diamant* in „feinst verteiltem Zustand" zu beheben versucht. — Weiter steht Diener auf dem Standpunkt, man habe bei der Vornahme einer *Unter*füllung mit Zinkphosphatzement „den Bock zum Gärtner gemacht", da auf

Grund neuerer Untersuchungen die Phosphatzemente „mitunter ein Mehrfaches an freier Phosphorsäure abspalten als gewisse Silikate".

Mit einem ähnlichen Thema beschäftigt sich Klauer (123). Er zieht gegen Unterlagen aus Phosphatzement zu Felde und betont, daß normal angerührtes Phosphatzement ca. 5—6mal so viel Säure abgibt, wie die Silikate, sehr fest angerührtes dagegen nur den 5. Teil! Bezüglich der sehr vereinzelt vorkommenden Schädigungen unter Amalgamfüllungen, denen Phosphatzement unterlegt ist, schreibt Klauer, man habe wohl durch Zementunterlagen unter Amalgamfüllungen Irritationen der Pulpa durch die schlechte Leitfähigkeit des Zements vermieden, „dafür aber die viel größere Gefahr einer Schädigung durch Säure heraufbeschworen".

Diesen heute wohl etwas reich abwegigen Ansichten tritt König (124) entgegen, indem er auf eigene, in dieser Arbeit weiter unten besprochene, Untersuchungen fußt. König verweist weiter auf die Tatsache, daß das Phosphatzement nicht eben einen neuen Werkstoff mit noch unsicheren praktischen Erfahrungen darstellt, sondern sich seit Jahren in der Praxis bestens bewährt und sich dabei als indifferent für die Pulver erwiesen hat.

In seiner vor kurzem erschienenen sehr aufschlußreichen Arbeit über das Silikatproblem gibt König (125) nach einleitenden Bemerkungen eine Darstellung seiner biologisch orientierten Versuchsreihe. Sie zielt darauf ab, die Säureabspaltung von Phosphat- und Silikatzementen festzustellen. Die heute als ursächlich geltenden Faktoren der Zahnmarknekrose zitiert König aus Schoenbecks „Materialkunde". Es werden hier genannt:

1. Orthophosphorsäure und ihre Alumnoverbindungen.
2. Geringere Basencharakter der Silikatzementpulver gegenüber Zinkphosphat.
3. Konzentration der Säure.
4. Geringeres spezifisches Gewicht der Säure als bei Zinkphosphatzementen.
5. Physikalische Struktur der Silikatzementpulver.

Seinen Untersuchungen legt König die Annahme einer spezifischen Schädigung durch überschüssige Säure oder saure Salze zu Grunde. Bei diesen Untersuchungen prüft der Autor den Einfluß von Zementflüssigkeit (d. h. wässriger Extrakt aus dem er-

härteten Zement, welches normal angerührt, nach einer Anzahl von Minuten in aqua dest. gelegt wurde), auf einzellige Organismen: Paramäzien und Amöben. Diese kleinen Lebewesen, so betont König, stellen durch ihre Empfindlichkeit gute Indikatoren für Konzentrationsänderungen in der sie umgebenden Flüssigkeit dar. Aus seinen im einzelnen im Original nachzulesenden Versuchen geht hervor:

1. „Die primäre Wirkung der „Zementflüssigkeit" manifestiert als Säureschädigung.
2. Nach einigen Wochen tritt eine Veränderung im Typus der Wirkung ein: Die Säure wird immer mehr zurückgedrängt und schließlich überwiegen die Salze."

Die verwendeten Silikate waren: SS. Withe F. P. 7 und Idra. Diese erwiesen sich in ihrem Verhalten durchaus analog. Es ist in der Tat von Interesse, wie auch König besonders betont, daß sich demnach diese neueren Silikate in Bezug auf Säureschädigung *genau* so verhalten, wie die bisher gebrauchten! — Anschließend machte König Vergleichsuntersuchungen mit Zinkphosphatzement. Es wurden hierzu benutzt:

1. Havard-Phosphatzement, und
2. SS. White Silikatzement.

Als Resultat dieser Versuchsreihe erwies es sich, daß die Zementflüssigkeit von *Havardphosphatzement völlig unschädlich* für die Versuchstierchen ist. Der entsprechende Vergleich mit der Zementflüssigkeit von SS. *White* zeigte alle Zeichen des *typischen Säuretodes*.

Steinzement zeigte sich hierin mit dem Zinkphosphatzement identisch (siehe Rothen (122)). Bedeutungsvoll dürfte diese Erklärung insofern sein, als daß es sich bei dem Steinzement chemisch gesehen um eine Mischung von Zinkphosphatzement und Silikatzement handelt. Wie auch der Autor betont, kann also nur der größere *Basengehalt* des Pulvers im Steinzement gegenüber den Silikatzementen die Ursache sein, daß die Säure rasch und total gebunden wird. Zum Schluß seiner Arbeit erwähnt König, daß Versuche mit Silikatzementen, die mit „Durosim" angerührt wurden, einen schnellen Tod der Paramäzien zur Folge hatten. Mit dem Durosim ist also hiernach eine Schutzwirkung in Bezug auf die Säureschädigung nicht zu erwarten. (So – auch Busch (120)).

II.

Die im ersten Teile dieser Arbeit gegebene Darstellung dürfte den Eindruck vermitteln, daß 33 Jahre lang der Worte nicht wenige gewechselt worden sind, daß aber dieser Meinungsaustausch über mehr oder minder überzeugende Vermutungen und über mehr oder minder überzeugende Einwendungen gegen diese Vermutungen nicht wesentlich hinausgediehen ist.

In diesem zweiten Teile soll darauf verzichtet werden, zu *allen Deutungen* im einzelnen Stellung zu nehmen. *Wohl aber scheint es der Mühe wert, der Frage nachzugehen, woran es liegt, daß es der Forschung trotz der zahlreichen im Schrifttum beschriebenen scharfsinnigen und mühevollen Experimente bisher nicht gelungen ist, eine allgemein anerkannte Lösung des Rätsels zu finden.*

Es sei auf einen Umstand hingewiesen, der die Grundlage aller Schlußfolgerungen sehr unsicher macht, die aus praktischen Erfahrungen mit der Verwendung von Silikatzement zu ziehen sind. Das ist die überaus große Empfindlichkeit des Silikatzements gegen Fehler, die bei Anrichtung der Füllungsmasse begangen werden. Schon eine geringe Abweichung von der Anweisung, welche die Hersteller ihren Erzeugnissen beifügen, kann schlimme Wirkungen auslösen. Genau betrachtet ist es beim Silikatzement nicht so, daß der Zahnarzt ein fertiges Fabrikat in die Hand bekommt, sondern er erhält nur die Stoffe für die gebrauchsfertige Herrichtung der Füllung, nämlich das Pulver und die Flüssigkeit. Erst aus der kunstgerechten Mischung beider entsteht das Enderzeugnis, die Füllungsmasse. So betrachtet wird der letzte Teil des Herstellungsvorganges dem Zahnarzt anvertraut. Und dieser Teil ist sicherlich nicht der einfachste. Denn der bedeutungsvolle Vorgang des Erhärtens der eingetragenen Füllungsmasse hängt in hohem Maße von der Art ab, wie die Füllungsmasse angerichtet und eingetragen wird, von der Zeit, die darauf verwandt wird und von der zur Zeit der Anrichtung herrschenden Luftwärme. Dazu kommt, daß sich die verschiedenen auf dem Markt befindlichen Erzeugnisse untereinander durchaus verschieden verhalten, so daß der Zahnarzt auf allerlei Ueberraschungen gefaßt sein muß. Es versteht sich, daß unter solchen Umständen der vielbeschäftigte Zahnarzt, der in der Regel darauf angewiesen ist, sich zur Herrichtung der Füllungsmasse einer Hilfskraft zu bedienen, nur mit Vorbehalt die Verantwortung dafür übernehmen kann, daß diese Aufgabe fehlerlos er-

ledigt wird. Hiergegen kann nicht eingewendet werden, daß *alle* Mischfüllungen, insbesondere auch die Zinkphosphatfüllungen, an den Zahnarzt die gleichen Anforderungen stellen. Die Anforderungen sind nicht gleich. Denn bei diesen Mischfüllungen ist ein Kunstfehler, der etwa beim Anrichten begangen wurde, nicht von so bedrohlicher Wirkung, wie beim Silikatzement. So besteht in jedem einzelnen Falle, in der unter einer Silikatfüllung das Zahnmark notleidend befunden wird, der Zweifel, ob es sich um eine Füllung handelt, die fachgemäß angerichtet und eingebracht war, oder um eine Füllung, die nur deshalb das Zahnmark schädigte, weil bei ihrer Anrichtung Fehler begangen wurden. Und es kann füglich vermutet werden, daß ein gewisser Teil der vielbeklagten Schadensfälle nicht irgendwelchen rätselhaften Eigenschaften des Silikatzements zur Last fallen, sondern der Schwierigkeit seiner sachgemäßen Anrichtung und Einbringung.

Ein weiterer Umstand, der die Forschung von Anbeginn erschwerte, ist die Tatsache, daß es sich beim Silikatzement nicht um ein Erzeugnis von stofflich einheitlicher Beschaffenheit handelt, sondern um eine Vielzahl von Erzeugnissen, die sich voneinander sowohl chemisch-stofflich unterscheiden, als auch hinsichtlich des Mengenverhältnisses der einzelnen Bestandteile zueinander. Ueber diesen Einzelheiten aber ruht der Schleier des Fabrikationsgeheimnisses, zu dessen Lüftung weder die dürftigen Angaben von Patentschriften noch die Analysierung der Präparate ausreichen. Wie wenig aufschlußreich chemische Analysen sind, geht aus einer Mitteilung von (1906) B r u c k (14) hervor über das Ergebnis zweier Analysen, die sich auf dasselbe Erzeugnis, nämlich Aschers Zahnschmelz, bezogen. Nach einer vom chemischen Universitätsinstitut Breslau vorgenommenen Analyse enthielt das Präparat im Pulver: Kieselsäure, Aluminium, Kalium sowie Spuren von Eisen und Magnesium; die Flüssigkeit: Orthophosphorsäure, Aluminium und Natrium. Demgegenüber wies eine von M o e n s 1905 veröffentlichte Analyse im Pulver 50% Kaolin, 25% Kieselsäure, 15% Kalk, 2% Magnesium und etwas Wasser, in der Flüssigkeit O. M. P.-phosphorsäure nach. Aehnliche Ausstellungen an der Zuverlässigkeit von Analysen erheben auch 1911 Gebr. A s c h (43 Seite 182) und G r e v e (48), der geradezu von einer Unmöglichkeit spricht, aus einer Analyse der Silikatzemente auf deren Ursprungsprodukte zu schließen. Es mag dahingestellt bleiben, ob solche Unterschiedlichkeit der Ergebnisse analytischer Prüfung auf Mängeln des ana-

lytischen Verfahrens oder vielmehr darauf beruht, daß der Fabrikant bei der Wahl der Bestandteile seines Erzeugnisses uneinheitlich verfährt, was sicherlich in beträchtlichem Maße geschieht. Die Hemmungen, die der Forschung aus solcher Ungewißheit erwachsen, würden fortfallen, wenn die Fabrikanten sich dazu entschlössen, ihr Geheimnis preiszugeben. Da aber die Geheimhaltung einem der stärksten Antriebe gewerblichen Schaffens entspringt, nämlich den Belangen des Wettbewerbes, so ist auf die Erfüllung dieses Wunsches nicht zu rechnen. Der Forscher wird sich vielmehr damit abfinden müssen, gerade im Kernpunkte seiner Forschungen auch ferner mit einer unbekannten Größe rechnen zu müssen.

Umso auffälliger ist es, wenn in den Veröffentlichungen über praktische Erfahrungen mit Silikatfüllungen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Angabe unterlassen wird, auf welches der vielen Erzeugnisse sich diese Erfahrungen beziehen. In der Regel wird schlechthin von „Silikatzement" oder „Zementflüssigkeit" gesprochen, als wäre es unerheblich, *um welches Erzeugnis* es sich handelt. Solche bedauerliche Anonymität hat sogar bei einem reichlichen Teile der Veröffentlichungen über chemische und physikalische Experimente gewaltet. Hier liegt auf der Forscherseite offenbar eine methodische Ungründlichkeit vor, die zu wissenschaftlich unzulässiger *Verallgemeinerung von Einzelbeobachtungen verleitet* und *Fehlschlüssen Vorschub leistet.* Diese Ungründlichkeit ist aber nicht nur von der Forscherseite her bedenklich, sondern auch von der Fabrikationsseite her. Denn sie enthält dem Fabrikanten wertvolle Fingerzeige vor, wie er sein Erzeugnis zu verbessern habe. Bei der Besonderheit des Problems kann seine Lösung sicherlich weder von der Seite des Chemikers, insbesondere des Fabrikanten, allein erwartet werden, noch auch von der Seite des Zahnarztes allein, sondern nur von einer Zusammenarbeit Beider, bei der beide Teile auf ihrem eigensten und ihnen am meisten vertrauten Gebiete der Forschung dienen. Hier liegt das Beispiel des Prosektors nahe. Die Aufgabe, die im Krankenhausbetriebe dem Prosektor zufällt, nämlich mit Hilfe seines Seziermessers die vom Arzt gestellte Diagnose und die Zweckmässigkeit seiner Behandlung nachzuprüfen, findet hier ihr Gegenstück in der Aufgabe des Zahnarztes, zu prüfen, ob der Fabrikant mit seinem Erzeugnis den Anforderungen gerecht geworden ist, welche die Zahnheilkunde und ihre Sachwalter zu stellen haben. Es ist nicht nur so, daß ohne Kenntnis des Fabrikationsgeheimnisses der Zahn-

arzt mit seinen Forschungen zu einem guten Teile im Dunkeln tappt — ohne Kenntnis der klinischen Erfahrungen, die der Zahnarzt *mit dem einzelnen Erzeugnis* gemacht hat, tappt in gleicher Weise auch der Fabrikant mit seinen Bemühungen um die Verbesserung seines Erzeugnisses im Dunkeln.

Ein fernerer Mangel in der Methode der Forschung liegt darin daß sie sich bisher in zu einseitiger Weise darauf beschränkt hat, im *Laboratorium* die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Füllungsstoffes zu untersuchen, anstatt sich auch dem Felde zuzuwenden, auf dem sich solche Eigenschaften schädigend ausgewirkt haben, nämlich dem unter einer Silikatfüllung rückfällig erkrankten *Zahn*. Dieser Hinweis soll nicht den wissenschaftlichen Wert theoretischer Laboratoriumsarbeit unterschätzen, wie es Rebel (71) tat, wenn er davor warnte, „aus theoretischen Konstruktionen und Phantasiegebilden" Schlüsse zu ziehen, oder er gar den Ausspruch tat, „daß theoretisch der ganzen Frage überhaupt nicht beizukommen ist". Nur darf der Beitrag nicht *überschätzt* werden, der von fast alleinigen laboratoriumsmäßigen Untersuchungen für die Klärung der Streitfrage zu erhoffen ist. Daß dieses bisher geschah, beweist die im Ergebnis geringe Förderung, die bis zur Stunde aus jenen Experimenten der Forschung erwachsen ist.

Diese Gedankengänge führen zur Forderung nach dem planmäßigen Aufbau einer *klinischen Statistik* über den Befund an Zähnen, die unter Silikatfüllungen rückfällig erkrankt sind.

Bei der Untersuchung, woran es liegt, daß Zähne unter Silikatfüllungen häufiger rückfällig erkranken, als unter Füllungen aus anderem Stoff, müssen alle diejenigen Schadenursachen außer Betracht bleiben, die nicht dem Silikatzement wesenseigen sind, sondern bei allen anderen Füllungen vorkommen können. Dahin gehört z. B. der von mehreren Seiten — so von Sachs (20), Apffelstädt (32), Kulka (22) und Rebel (67) — ausgesprochene Verdacht, die Kavität möchte nicht gründlich genug ausgeräumt oder nicht sorgfältig genug desinfiziert worden sein, bevor sie gefüllt wurde. Mit Recht bemerkt Greve (48): „Ungenügendes Exkavieren oder Desinfizieren des erweichten Dentins als Ursache der Pulpengangrän unter Silikatfüllungen anzusehen, halte ich für ganz unzulässig. Es kann doch wahrlich nicht angenommen werden, daß gerade bei Silikatzement weniger Vorsicht angewendet wird, als bei anderen Zementen." Dahin gehört auch die Ver-

mutung von Sachs (20), daß beim Ausräumen das Pulpenhorn freigelegt sei, was leicht Anlaß zum Reiz und Absterben der Pulpa gebe. Dahin gehört ferner die Deutung, daß in den Kanälchen der Dentinzwischenschicht Bakterien verblieben seien und zu rückfälliger Karies geführt haben möchten. Dahin gehört endlich gar der Hinweis, daß mit der Füllung Bakterien in die Kavität eingebracht sein könnten. Für die Ermittelung, worauf die *besondere* Schädlichkeit des Silikatzements zurückzuführen ist, sind solche Deutungen ebenso belanglos, wie der umfängliche Doldersche Entlastungsversuch, über den oben berichtet wurde.

Die ungünstigen Erfahrungen, die mit Silikatzement gemacht wurden — insbesondere der Verdacht chemisch-toxischer Schädigung — haben dazu geführt, daß die Praxis alsbald dazu überging, Zwischenfüllungen zu legen, die solche Schädlichkeiten dem Zahnmark fernhalten sollten. Es kann unterstellt werden, daß — von seltenen Ausnahmen abgesehen - seit Jahren der gewissenhafte Zahnarzt Silikatfüllungen unmittelbar auf das Zahnbein überhaupt nicht mehr legt. Als Zwischenfüllung wird überwiegend Phosphatzement verwandt. Andere Schutzmaßnahmen, wie Zwischenlagen von Eugenol, Thymol, Guttapercha, Goldfolie, Platinfolie, Zinnfolie,[3] dürften in der Praxis seltener angewandt werden. Dem Zinkphosphatzement wird gegenüber dem Silikatzement größere Raumbeständigkeit und Klebekraft zugesprochen. Dagegen ist die Haftung zwischen Zinkphosphat- und Silikatzement gering. Daß unter Phosphatfüllungen das Zahnmark seltener abstarb, als unter Silikatfüllungen, ist die übereinstimmende Meinung der Praktiker. Würden Zwischenfüllungen aus Phosphatzement das Zahnmark in der Tat wirksam schützen, so hätten die Fälle, in denen das Zahnmark unter Silikatfüllungen abstarb, in dem Maße seltener werden müssen, in dem es Brauch wurde, Zwischenfüllungen aus Phosphatzement zu legen. Die Zahl solcher Schadensfälle sollte also zur Zeit nicht wesentlich höher sein, als die Zahl der Fälle, die sich unter reinen Zinkphosphatfüllungen ereigneten. *Dies Absinken hat offensichtlich nicht stattgefunden.*

Diese Tatsache stellt ernstlich die Richtigkeit der Annahme in Frage, daß Zwischenfüllungen von Phosphatzement das Zahn-

3. So 1907 Scheurer (21).

mark schützen. Die Prüfung, worauf solches Versagen beruhen mag, leitet zu folgenden Erwägungen:

Nach der zur Zeit herrschenden und wohl überwiegend befolgten Lehrmeinung ist es nicht notwendig, daß die Schutzfüllung die Wände der Höhle lückenlos gegen die Silikatfüllung abschließt; es soll genügen, wenn die Schutzfüllung in den *Grund* der Höhle — zunächst dem Zahnmark — gelegt wird. Diese Auffassung geht offenbar von der Tatsache aus, daß die Zahnbeinkanälchen vom Zahnmark aus radikal das Zahnbein durchlaufen; es wird deshalb angenommen, daß Kanälchen, die abseits der Pulpanähe von den Wandungen der Höhle durchschnitten werden, nicht zum Zahnmark führen, also auch nicht Schädlichkeiten dorthin leiten können. Die Beobachtung, daß es trotz solcher pulpanaher Teilfüllungen zum Absterben des Zahnmarks kommt, rechtfertigt den Zweifel, ob jene Lehrmeinung richtig ist — ob nicht vielmehr auch von den Wandungen her chemisch-toxische Schädlichkeiten ihren Weg zum Zahnmark finden. Da nicht jedes Kanälchen für sich abgeschlossen zum Zahnmark führt, sondern da die Kanälchen, zumal in der Nähe des Schmelzes, durch Verästelungen vielfach miteinander verbunden sind, ergeben sich reichliche Umwege zum Zahnmark.

Abgesehen hiervon aber hängt es sehr von Gestalt und Lage der Kavität ab, ob eine „in Pulpennähe" gelegte Schutzfüllung ihren Zweck erfüllt, alle Kanälchen abzudecken, die *unmittelbar* zum Zahnmark führen, ob nicht vielmehr von den ungeschützten Wandungen her ein *unmittelbarer* Zugang zum Zahnmark vorhanden bleibt. Ein Blick auf den Schulfall einer sachgemäß gelegten Schutzfüllung von Phosphatzement, den Preiswerk in seiner Konservierenden Zahnheilkunde zeichnerisch dargestellt hat, zeigt, was gemeint ist. Dort führt von den ungeschützten Wandungen der Kavität her eine Unzahl von Kanälchen *unmittelbar* zum Zahnmark. In dem auffälligen Umstande, daß Pulpentod in einigen Fällen sehr bald, in anderen erst nach Jahren eintritt, ist ein Einklang zu erblicken mit der im einzelnen Falle sehr verschiedenen Länge des Weges, den hiernach die Schädlichkeiten in den Zahnbeinkanälchen zurückzulegen haben.

Diese Bedenken sollten zu der Forderung führen, daß die Schutzfüllung nicht nur in den Grund der Kavität gelegt wird,

4. Vgl. die Abbildung „e" auf S. 175 von Walkhoffs Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Auflage von 1931.

sondern, wie es schon 1907 Bruck (19) verlangte, auch an die Wände der Kavität. Das aber wird oft genug unmöglich sein. Die Frontzähne, in denen das Zahnmark nahe dem Schmelz liegt, bieten für genügend haltbare Unterbringung von Schutz- *und* Hauptfüllung keinen genügenden Raum. In allen Fällen aber macht die geringe Haftung zwischen Silikat- und Phosphatzement es notwendig, Unterschnitte anzubringen, in welche die Hauptfüllung eingreift. In diesen Unterschnitten tritt die Silikatfüllung oft in *unmittelbare* Berührung mit dem Zahnbein. Der Schutz, den die Zwischenfüllung gewähren soll, wird also insoweit hinfällig. Daß der Unterschnitt nicht im Zahnbein selbst, sondern in der erhärteten Schutzfüllung angebracht wird, lassen nur besonders große Kavitäten zu. Dieser Behelf ist insbesondere an den Frontzähnen kaum anwendbar, d. h. gerade dort, wo die kosmetischen Vorzüge des Silikatzements am besten zur Geltung kommen und seine Verwendbarkeit besonders erwünscht machen.

Es dürfte lohnen, den hier geäußerten Zweifeln experimentell nachzugehen. Darüber hinaus aber ist es erwünscht, statistisch zu erheben, inwieweit bei rückfällig erkrankten Zähnen die Kavität von einer Schutzfüllung gedeckt wurde, um welche Unterfüllung und um welches Silikatpräparat es sich gehandelt hat.

Eine klinisch-statische Erhebung, ob und in welcher Häufung sich Fälle ergeben, in denen das Zahnmark *trotz Schutzfüllung* abstirbt, fehlt bislang. Sie ist für die weitere Forschung schlechthin unentbehrlich. Dabei wird es für die Entscheidung, ob die Schädigung chem.-toxischen oder mechan.-physikalischen Ursachen zuzuschreiben ist, zusätzlich darauf ankommen, ob Karies festgestellt wurde oder nicht.

Auch wäre z. B. die Frage zu berücksichtigen, *in welchem Alter sich der Patient befand*, als die schädigende Füllung gelegt wurde. Nicht nur daß, wie 1935 Kessler (112) warnend geltend macht, bei Jugendlichen die Zahnbeinkanälchen anatomisch weiter sind, als bei älteren Personen, – die Erfahrung lehrt auch, daß in höherem Alter die Zahnbeinkanälchen durch Verkalkung oft so verschlossen werden, daß es schwer hält, mit der abtötenden Wirkung von Arseneinlagen zum Zahnmark vorzudringen. Sollte es sich klinisch erweisen, daß Rückfallerkrankungen — Pulpentode — mit zunehmendem Alter der Patienten seltener werden, so würde diese Feststellung den immerhin wertvollen Rückschluß rechtfer-

tigen, daß die Zahnbeinkanälchen in der Tat die Schädigung vermitteln.

Von Wert wäre weiterhin eine klin.-statistische Notierung der Frage, ob die gelegten Silikatfüllungen nach dem Einbringen von einem *Schutzlack* bedeckt wurden, oder nicht. Hierzu wäre es notwendig festzulegen, um welchen Lack es sich gehandelt hat. In Voruntersuchungen wäre zu erklären, ob und für welche Zeit der oder die in Aussicht genommenen Lacke hydrophobe Eigenschaften besitzen. — Die Forderung, den an die Außenfläche der Silikatfüllung gebrachten Lack statistisch zu notieren, und im Laboratorium zu untersuchen, mag zunächst überraschen. — Ich halte die Erfüllung dieser Forderung im Rahmen einer größeren klinisch-stastischen Erhebung jedoch für notwendig, da es sehr wohl denkbar ist, daß *eine längere Feuchtigkeitsentziehung* sowohl auf die im Abbindungsprozeß befindliche Silikatfüllung *ungünstig* im Hinblick auf Porosität und Schrumpfung, als auch hinsichtlich der Reaktion des Zahnmarks einwirkt.

Von der privaten Zahnärzteschaft kann schwerlich erwartet werden, daß sie bereit ist, die Unterlagen für eine derartige Statistik zu liefern. Abgesehen davon, daß dem vielbeschäftigten Zahnarzt der beträchtliche Zeitaufwand nicht zugemutet werden kann, verfügt er oft genug weder über die erforderlichen Laboratoriumseinrichtungen noch über genügende chemisch-wissenschaftliche und bakteriologische Uebung — um alle in der Statistik gestellten Fragen mit wissenschaftlicher Zuverlässigkeit beantworten zu können. Hier können die zahnärztlichen Universitätsinstitute mit ihrem umfassenden wissenschaftlichen Rüstzeug und ihrem reichen klinischen Material helfen.

Gewiß ist, daß die hier vorgeschlagene Art der Forschung nicht von heute auf morgen zum Erfolge führen kann. Die dabei gewonnenen Aufschlüsse können sich erst in Jahren zu einer einwandfreien Feststellung verdichten. Diese Erkenntnis aber darf nicht von dem Versuch abschrecken, auf diesem Wege Klarheit zu suchen. Sie kann nur zu dem Bedauern führen, daß 33 Jahre verflossen sind, ohne daß dieser Versuch unternommen wurde. Schließlich aber darf bei allem Streben nach wissenschaftlicher Wahrheit nicht übersehen werden, daß unsere Forschungen nach den Schadensursachen nicht Selbstzweck sind, sondern nur ein *Mittel* zu dem Zweck, die Silikatfüllung zu der „Idealfüllung" zu machen, die sie heute noch nicht ist. Sollte es also gelingen, mit Hilfe

klinischer Statistik zur Feststellung der heute noch geheimnisvollen Schadensursachen zu gelangen, so wäre auf dem Wege zum Ziele erst die *vor*letzte Etappe erreicht. Alsdann gilt es, aus den statistischen Ergebnissen für die stoffliche Zusammensetzung des Silikatpulvers und der Flüssigkeit *fabrikatorische* Folgerungen zu ziehen, die beide Stoffe unschädlich machen, ohne das Silikatzement seiner kosmetischen Vorzüge zu berauben.

Wie aus den letzten Abschnitten des ersten Teiles dieser Arbeit ersichtlich, beschäftigen sich in allerletzter Zeit die Autoren in steigendem Maße mit der *Frage der Anrührtemperatur* der zu legenden Silikatfüllungen. Es ist hierin in verhältnismäßig kurzer Zeit zu einem Wandel der Anschauungen gekommen. Am deutlichsten kommt dieser in einer Arbeit von Titkemeyer (121) zum Ausdruck. — Nach dem heutigen Stande der Wissenschaft ist anzunehmen, daß man eine „verzögerte Bindung", die durch die tiefe Temperatur der Anrührplatte hervorgerufen wird, nicht *als* Urheber einer „Pulpenirritation" ansehen darf. Es ist als Verbesserung zu betrachten, wenn, wie u. a. Diener (126) betont, die richtige Konsistenz der Silikatmasse lediglich durch die erhöhte Pulvermenge bedingt ist, und nicht dadurch, daß die Abbindung während der Anrührzeit schon begonnen hat („Pseudokonsistenz"), wie dies bei höherer Anrührtemperatur der Fall ist.

Es wäre der Mühe wert, die Wirkung der durch die Aenderung des spezifischen Gewichts der Phosphorsäure auf der gekühlten Anrührplatte hervorgerufenen „richtigen Konsistenz" auf Paramäzien nachzuprüfen!

Derartige, biologisch orientierte Versuche, können, wie König (125) in seiner interessanten Arbeit zeigte, sehr aufschlußreich sein. Es ist weiter anzunehmen, daß die gekühlt angerührte Silikatmasse durch Ueberführung in eine warme Kavität schneller als solche Silikatfüllungen, die warm angerührt wurden, *nach erfolgter Applikation* abbindet. Diese Annahme ist durch die in der kühl angerührten Silikatfüllung vorhandene größere Pulvermenge hinreichend begründet.

„Somit wäre die Nachprüfung der geäußerten Annahmen folgendermaßen vorzunehmen: Prüfung des Verhaltens von „Zementflüssigkeit" der auf einer Thermoplatte angerührten Silikate auf Paramäzien und Amöben.

a) bei 5° Celsius
b) bei 10° Celsius
c) bei 15° Celsius
d) bei 20° Celsius
e) bei 25° Celsius
f) bei 30° Celsius

} Das Anrühren muß stets bis zur optimalen Pulverzutat erfolgen. (Spatelprobe!)

Hierbei ist auf Nachahmung der natürlichen Bedingung zu achten, d. h. nach Beendigung des Anrührens sind die Silikatkörper:

a) 15 Minuten lang
b) 20 Minuten lang
c) 30 Minuten lang

} (soll der Zeit bis zur Füllung der ausgetrockneten Dentinkanälchen mit Gewebsflüssigkeit entsprechen)

— — einer Temperatur von 37° auszusetzen; hieran anschließend die Ueberführung in aqua dest. Der Versuch ist weiter sinngemäß in Anlehnung an die Arbeit von K ö n i g durchzuführen.

Aus der oben skizzierten Versuchsreihe müßte sich einwandfrei ergeben:

1. welchen Einfluß die *Anrührtemperatur* auf die Silikatfüllung hinsichtlich toxischer Wirkung auf lebende Organismen auswirkt,
   welche Anrührtemperatur die günstigste in dieser Hinsicht ist (a—f).
3. ob die günstigste Anrührtemperatur bei allen Fabrikaten die gleiche ist,
4. oder ob die günstigste Anrührtemperatur hinsichtlich toxischer Wirkung des Silikatkörpers bei den verschiedenen Fabrikaten verschieden ist.

Der günstigste Anrührtemperaturgrad wäre also bei dem jeweils untersuchten Fabrikat der, bei dem sich die Zementflüssigkeit des betreffenden Silikatkörpers *als unschädlich oder nahezu unschädlich* den Versuchstierchen gegenüber erweist.

Es könnte durch diese Versuchsreihe bewiesen werden, daß:

a) es hinsichtlich *toxischer Wirkung* auf einzellige lebende Organismen überhaupt keine „günstigste Anrührtemperatur" gibt (im Sinne von „unschädlich" nach 30 Minuten), oder
b) sich in dieser Hinsicht nur einzelne Fabrikate als günstig herausstellen.

Da die Zelluloidfläschchen zur Fassung von Phosphorsäure benutzt werden können, liegt der Gedanke nahe, das *Zelluloid in flüssiger Form* zum Auskleiden der getrockneten Kavität zu ver-

wenden. Hierdurch könnte sowohl freier Phosphorsäure der Zutritt zu den Kanälchen, als auch der Gewebsflüssigkeit der Zutritt zur Füllung versperrt werden (Ohne Gewebsflüssigkeit kein Transport von Phosphorsäure zur Pulpa!). — Es wäre hierzu noch zu erwägen, ob nicht die Zufügung von *Kalziumoxyd* zu dieser Lösung zur *Bindung* freier Phosphorsäure ratsam ist.

Bei Versuchen, die Wirksamkeit der oben vorgeschlagenen Schutzlösung auf die Probe zu stellen, wäre es zweckmäßig, u. a. ebenfalls die biologische Methode zu wählen. Hierbei wäre das Silikatzement am besten ohne Thermoanrührplatte weich anzurühren (Säureüberschuß!), und in Stangenform zur Erhärtung zu bringen. Diese Stangenform hätte den Zweck, auf alle Fälle ein einwandfreies Bestreichen mit der Schutzlösung an einem Ende der „Stange" zu garantieren. Diese Silikatstangen könnten sodann

1. mit Schutzlösung,
2. ohne Schutzlösung in aqua dest. gehängt werden. Nach entsprechenden Zeiten wäre dann das „Zementwasser" mit einem Heuaufguß (s. König) (125) zu untersuchen.

Für jede der in dieser Arbeit skizzierten Nachprüfungen wäre, falls sie ein günstiges Ergebnis zeigen sollten, eine *letzte Kontrolle am lebenden Zahn* von großem Wert. Diese hätte die im Laboratorium gewonnenen Erfahrungen zu bestätigen. - Sie könnte nur durch eine entsprechende, sich über etwa 5 Jahre erstreckende, *klinische Statistik* zum Ziele führen.

Der Hinweis auf optimalen Randschluß bei kühl angerührtem Silikatzement wird in der letzten Zeit u. a. von Hettinger (127), Diener (126) und Titkemeyer (121) gestützt. In einer weiteren Arbeit jedoch macht Titkemeyer (129) auf die oft nach Tagen erst auftretende Kontraktion der Füllung aufmerksam und hält die Ansicht, kühl angerührtes Silikatzement erhielte durch Expansion optimalen Randschluß, für eine „spekulative Erwägung", die einer kritischen Prüfung nicht standhalten könne. — Immerhin besteht nach den Untersuchungen von Hettinger bereits bei einer Anrührtemperatur von 25 schon eine thermische Expansion von 1,5 gegenüber einer solchen von 3,9 bei 10 Anrührtemperatur. Erst bei 37 Anrührtemperatur ist nach Hettinger weder Expansion noch Kontraktion zu verzeichnen. Wenn schon bei 25, wie beschrieben, Expansion vorhanden ist, so dürfte bei vorkommendem mangelndem Randschluß tatsächlich eine *spätere* Kontraktion die Schuld tragen.

Nachprüfungen, hinsichtlich späterer Kontraktion in solchen Fällen dürften ebenso, wie Untersuchungen darüber, *welche* Silikatfabrikate auf gekühltes Anrühren *mit Expansion reagieren*, am Platze sein.

Der von Diener (126) beschriebene Weg zur Herstellung des „Diasilic" zeigt, daß die Herstellerfirmen sich große Mühe geben, das Silikatproblem (wenn auch in jenem Fall m. E. mit untauglichen Mitteln) zu lösen. — Der in dem „Diasilic" eingefügte Diamant in „feinst verteiltem Zustand" kann von der Bindemasse nur zeitweilig durch mechanische Umschließung festgehalten werden und muß *nach kurzer Zeit* an der Oberfläche diejenige Wirkung ausüben, die wir an unseren Diamantschleifsteinen so sehr schätzen.

Andere Lösungsversuche, wie die von Hinze (131) (Tablettenpresse) und Moeller (132) (doppelendige geeichte Löffel) scheinen keine Rücksicht auf die Tatsache zu nehmen, daß die Phosphorsäure bei Temperaturwechsel eine Aenderung ihres spezifischen Gewichtes erfährt! (Veränderung der Aufnahme*fähigkeit* von Zementpulver). Somit kann es durch die Befolgung der Ratschläge der beiden genannten Autoren nicht zu einem Silikatkörper von der erstrebten konstanten Beschaffenheit kommen. Lösungsversuche von der von Hinze und Moeller vorgeschlagenen Art sind jedoch dazu bestimmt, allzu grobe Verstöße beim Anrühren — in Hinsicht auf den Anteil von Pulver und Phosphorsäure — zu verhindern.

Möglich, daß es sich bei dem Bestreben, das Silikatzement von *allen* seinen bisherigen Mängeln zu befreien, um eine Aufgabe handelt, die ebenso unlöslich ist, wie die Quadratur des Zirkels — möglich, nämlich, daß die Erfüllung *aller* Anforderungen, die an ein ideales Füllungsmaterial zu stellen sind, dem Silikatzement wesenswidrig ist. Möglich also, daß dem Geschichtsschreiber der Zahnheilkunde nur die Feststellung bliebe, daß sich in punkto Silikatzement die Wissenschaft in eine Sackgasse verirrt hat.

Deshalb darf bei der oben angeregten statistischen Erhebung nicht haltgemacht werden. In der Zwischenzeit muß vielmehr versucht werden, den einstweilen rätselhaften Schädlichkeiten des Silikatzements durch ein *Schutzmittel* zu begegnen, welches Zahnbein und Zahnmark verläßlich und dauerhaft gegen diese Schädlichkeiten abschließt oder welches diese Schädlichkeiten, soweit sie chemisch-toxischer Art sind, durch chemische Gegenwirkung bekämpft.

Auch hier hat es schon bisher an Versuchen nicht gefehlt. Als Beispiel nenne ich den im Schrifttum verschiedentlich erwähnten aber zwiespältig beurteilten Wustrow-Jakobsenschen Lack, dessen Anwendung — nach der Patenschrift Nr. 373 385 vom 14. April 1921 / 11. April 1923 — vorausgesetzt, daß zwei Lösungen nacheinander in die Höhle eingebracht werden: 1. eine Lösung, die 4 Teile Guttapercha und 96 Teile Chloroform enthält und eine Haut ergeben soll, welche vollständig undurchlässig gegen Säuren sein soll; 2. eine Lösung, die 4 Teile benzonsaures Natrium, 20 Teile Mastix und 66 Teile Alkohol enthält und geeignet sein soll, die freie Phosphorsäure der Füllung abzubinden. Ich nenne ferner den Harvard-Lack, welcher nach der Patenschrift Nr. 447 089 vom 14. September 1924 und 30. Juni 1927 — aus einer 4%igen Zelluloseacetatlösung in Chloroform besteht, welcher hydrophobe Mittel, z. B. Vaseline oder Paraffin zugesetzt sind — eine Maßnahme, *die es nach meiner Wahrnehmung mit Sicherheit bewirkt, daß der gegen Säuren an sich einigermaßen widerstandsfähige Zelluloselack Orthophosphorsäure binnen kürzester Zeit durchläßt.* — 1924 lehnt der Engländer Samson (cit. M. 1925 Seite 126) alle bisher zum Schutze des Zahnmarks üblichen Unterfüllungen ab, und zwar die Oxychloridzemente, weil ihr aus Zinkoxyd bestehendes Pulver als Hauptverunreinigung Arsen enthalte — und die Oxyphosphatzemente wegen der auch darin enthaltenen Phosphorsäure. Die mit Zinkoxyd vermischte Guttapercha bezeichnet er sogar als eine sichere Gefahr für die Pulpa. Er empfiehlt die Anwendung einer Paste, die aus präzipitiertem phosphorsaurem Kalk und Albumin besteht. Diese Paste soll gegen Säuren sowie gegen Hitze und Kälte widerstandsfähig sein und die Pulpa nicht irritieren, weil sie dieselbe Zusammensetzung aufweist, wie das die Pulpa umschließende Dentin.

In jüngster Zeit (1936) erwähnt Titkemeyer (116) in einer Uebersicht über den Ertrag der Suche nach einem Schutzmittel — außer den alten Aushilfen wie Thymol, Nelkenöl, Jodoform, Fletcher-Eugenol, Goldfolie usw. — das von Geyer (98) empfohlene Thymozin (eine Mischung von Thymol und Zinkoxyd), ferner Kalzium-Jodoform (Müller-Basel), Jodoformzement (Heß), Zinkoxydzement, Tiranal (Schröder), Obturasol (Kulka) und von neuesten Erzeugnissen: Antac (Feles), Adhäsium (Linka) und Durosim.

Hierin gehört auch die Anregung Eberlys (103), dem Zementpulver 3% Seife beizumengen.

Außer diesem Vorschlag ist in diesem Zusammenhang von Interesse, daß Flaumenhaft (119), der die Methode von Eberly in der Praxis erprobte, die Forderung erhebt, die Silikatzemente nach dem Einbringen *nicht länger als 5—7 Min. in trockenem Milieu zu belassen*, da die Füllung sonst unwiderruflich verdorben sei. — Diese Forderung steht in schroffem Gegensatz zu dem allgemein üblichen Verfahren, die eingebrachte Silikatfüllung mit einem *„Schutzlack"* zu überziehen, der, wenn er überhaupt hydrophob wirksam ist, die Füllung eine ganz wesentlich längere Zeit von jeder Feuchtigkeit fernhält. — Die von Wannenmacher vertretene Lehrmeinung, die Flüssigkeitsentziehung aus dem Zahnmark durch die abbindende Silikatfüllung bewirke eine auf die Dauer irreparable Schädigung der Pulpa, verdient hinsichtlich der oben beschriebenen Forderung von Flaumenhaft an dieser Stelle Beachtung zu finden. — Somit gewinnt die von mir bei der Aufstellung einer Statistik geforderte Laboratoriums-Untersuchung über die hydrophoben Eigenschaften der (äußeren) „Schutzlacke" und die Forderung der Statistik über die Häufigkeit von Zahnmarkschäden:

1. Von mit Silikatzement gefüllten Zähnen *mit* anschließender „Schutzlackierung", und

2. Von solchen Zähnen *ohne* anschließende Schutzlackierung — an Bedeutung.

Dolder (118) nennt ferner von plastischen Stoffen: Provisor, Plerodont, Resolpin, Pustlène, und von Lacken: Tutol, Damarharz-Zinkoxyd-Kanadabalsam, Pulpol, Pulpacol, Claustrinlack, Degussalack, Sandarak, Zaponlack, Imprägnol, Cavitin.

Die älteren Schutzmittel haben ihren Zweck offenbar nicht oder nur unzureichend erfüllt. Ob den neueren Erzeugnissen ein besserer Erfolg beschieden sein wird, läßt sich zur Zeit noch nicht ermessen, da ausreichende klinische Erfahrung fehlt. Soviel ist sicher, daß Dolder weit über das Ziel hinausschießt, wenn er in Bausch und Bogen sowohl den plastischen Stoffen — diesen, wo sie Verwendung finden können, nämlich in geräumigen Kavitäten — wie auch den Lacken voll Schutzwirkung zuschreibt, den Lacken, weil sie ohne schädliche Tiefenwirkung „eine undurchdringliche Zwischenschicht bilden" — eine Auffassung, die experimenteller Nachprüfung kaum standhalten dürfte.

Sollte es gelingen, ein Schutzmittel zu finden, welches das Zahnmark verläßlich und dauernd vor allen möglichen Schädigun-

gen bewahrt, so würde allerdings der bisherige Meinungsstreit um die Ursachen dieser Schädigung nur mehr theoretische Bedeutung haben, praktisch aber belanglos werden. — Solange jedoch dieses tatsächlich einwandfreie Schutzmittel noch auf sich warten läßt, kann, wie der Ueberblick über diese Arbeit zeigt, nur eine planmäßige an allen Zahnkliniken durchgeführte, möglichst von einer Zentrale überwachte Statistik Licht in das Dunkel um die „Silikatfrage" bringen. — Hieraus würden Erkenntnisse erwachsen, die neuen Laboratoriumsuntersuchungen Weg und Ziel geben.

Zusammenfassung.

Im ersten Teil der Abhandlung wird an Hand des Schrifttums gezeigt, welche Forschungen bisher angestellt wurden, um die Ursachen des Zahnmarktodes unter Silikatfüllungen aufzuklären. Es wird der Meinungsaustausch über die Ergebnisse dieser Forschungen geschildert.

Im zweiten Teil wird untersucht, woran es liegt, daß Forschung und Meinungsaustausch bisher im wesentlichen fruchtlos waren. Es wird gezeigt, wie die Uneinheitlichkeit und Geheimhaltung der stofflichen Zusammensetzung der verschiedenen Silikaterzeugnisse die Forschung erschwert. Es wird dargelegt, wie die Schwierigkeit, Silikatfüllungen sachgemäß anzurichten und einzubringen, leicht zur Fehlerquelle wird.

Als methodischer Mangel der bisherigen Forschung wird gerügt, daß die bisherigen Laboratoriumsversuche zu wenig an unter Silikatfüllungen erkrankten und extrahierten Zähnen vorgenommen wurden. Als Grundlage weiterer Forschungen wird die Aufstellung einer klinischen Statistik über den Befund an rückfällig erkrankten Zähnen gefordert. Für die Anlage einer solchen Statistik werden Richtlinien aufgestellt. Dabei wird besondere Bedeutung der Ermittlung beigemessen, ob Zwischenfüllungen von Zinkphosphatzement in der Art, wie sie bisher gelegt wurden, geeignet sind, das Zahnmark zu schützen. Im Hinblick auf die anatomische Anordnung der Zahnbeinkanälchen wird diese Schutzwirkung bezweifelt. Weiterhin werden Untersuchungsvorschläge gemacht, deren Durchführung die in der letzten Zeit entstandenen Probleme einer Klarstellung näher bringen würde. — Es wird zum Schluß die Ueberzeugung ausgesprochen, daß nur groß angelegte statistische Erhebungen von der in der Arbeit angeregten Art in der Lage sein werden, nach 33jähriger Dauer der „Silikatfrage" die Mühe der Laboratoriumsuntersuchungen zu unterstützen und zu vollem Erfolg zu führen.

Am Schlusse dieser Arbeit bitte ich meinen verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Schoenbeck, für die Ueberlassung des Themas und für seine hilfreiche Anteilnahme meinen aufrichtigen Dank entgegennehmen zu wollen.

Schrifttum.

Die Abkürzungen bedeuten:

Ö = Österreichisch-ungarische Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde.
A = Archiv für Zahnheilkunde.
B = British Dental-Journal.
M = Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde.
R = Zahnärztliche Rundschau.
S = Zeitschrift für Stomatologie.
D = Dental Cosmos.

1. 1905 Masur: Zur Kritik der neuen Porzellanzemente. W. S. 282.
2. 1905 Kulka: Aschers künstlicher Zahnschmelz. Ö. 1905.
3. 1905 Morgenstern: Untersuchungen der Silikat- und Zinkphosphatzemente unter besonderer Berücksichtigung ihrer physikalischen Eigenschaften. Ö. Oktoberheft.
4. 1906 Detzner: Einiges aus der Praxis. W. S. 87.
5. 1906 Heinsheimer: Das Absterben der Pulpa unter Ascherfüllungen. W. S. 609 und 690.
6. 1906 Lengler: Das Absterben der Pulpa unter der Ascherfüllung. W. S. 627.
7. 1906 Müller: Erfahrungen mit Hoffmanns (verbessertem) Porzellanersatz ibid.
8. 1906 Greve: Eine kurze Antwort auf den Artikel „Das Absterben der Pulpa unter Ascherfüllung. W. S. 643.
9. 1906 Schachtel: Nervengift in der Ascherfüllung? W. S. 643.
10. 1906 Rähm: Hoffmanns Porzellanersatz. W. S. 644.
11. 1905 Klix: Transparente Füllungen. W. S. 691.
12. 1906 Silbermann: Silikatzemente. W. S. 692.
13. 1906 Reißner: Zur Kritik der Ascherfüllung. W. S. 709.
14. 1906 Bruck: Einige Bemerkungen über Silikatzemente, speziell Ascher. W. S. 797.
15. 1906 Kulka: Das Absterben von Pulpen unter Füllungen. W. S. 801.
16. 1906 Greve: Zur Chemie der Silikatzemente. W. S. 823.
17. 1906 Hentze: Ueber Feldspatphosphate. W. S. 895.
18. 1906 Apffelstädt: Nochmals Silikatzemente. W. S. 1031.
19. 1907 Bruck: Silikatzemente. M. S. 74.
20. 1907 Sachs: Silikatzemente. M. S. 171.
21. 1907 Scheuer: Schmerz der Pulpa unter Silikatfüllungen. S. 212. S. 212.
22. 1907 Kulka: Ueber die wichtigsten mechanischen und einige chemische Eigenschaften der Silikate und Zinkphosphate. Ö. Nr. 4.

23. 1907 Lartschneider: Bericht über eine größere Anzahl von Silikatfüllungen. Ö. S. 405.
24. 1908 Asch, W. u. D.: Wie müssen Silikatzemente zusammengesetzt sein, daß ein Absterben der Pulpa unter ihnen ausgeschlossen ist? W. S. 214.
25. 1908 Freund: Ueber Astral. W. S. 508.
26. 1908 Schachtel: Zum Thema Silikatzemente. W. S. 701.
27. 1908 Wege: Zur Frage betr. die Ursache des Absterbens der Pulpa unter Silikatzement. W. S. 821.
28. 1908 Morgenstern: Zeitgemäße Betrachtungen über Silikatzemente. M. S. 275.
29. 1908 Kulka: Ueber die neuen Silikatzemente. Ö. Aprilheft.
30. Schreiber: Kritische Studien der jüngsten Arbeiten über Silikatzemente. W. Nr. 3, 15 und 16.
31. 1908 Rawitzer: Chemie der Silikatzemente. M. S. 269.
32. 1908 Apffelstädt: Porzellanzemente. M. S. 762.
33. 1908 Richter: Das neue Havardid und wie erkennen wir experimentell außerhalb des Mundes, ob ein Silikatzement für uns zu brauchen ist? A. 3.
34. 1908 Morgenstern: Ueber das Verhalten der Silikatzemente in Theorie und Praxis. Ö. Aprilheft.
35. 1909 Kulka: Silikatzemente. (Weitere Beiträge zur Chemie der Silikatzemente auf Grund petrographischer Forschung.) Ö.
36. 1910 Schreiber: Ueber giftige und giftlose Phosphat- und Silikatzemente. W. Nr. 1.
37. 1910 Feiler: Der Schutz der Pulpa unter Silikatzementen. M. S. 437.
38. 1910 Kulka: Ein Nachtrag zur Prüfung der Silikatzemente. Ö.
39. 1910 Richter: Weitere Erfahrungen und Versuche mit Silikatzementen. M. S. 420.
40. 1911 Schreiber: Zur Geschichte der Silikatzemente. R. S. 1257, 1444.
41. 1911 Kulka: Zur Geschichte der Silikatzementforschung. R. S. 1329.
42. 1911 Kulka: Ueber die Möglichkeit chemischer bzw. pathologischer Wirkungen von Zementfüllungen. Ö. Heft 1.
43. 1911 Asch, W. u. D.: Die Silikate in chemischer und technischer Beziehung. Berlin, Verlag Julius Springer.
44. 1912 Abraham: Die technische Entwicklung der Zahnzemente. M. S. 522.
45. 1912 Ascher: Silikatzemente. A. S. 112.
46. Watson: Silikatzemente. A. S. 125.
47. 1913 Proell: Experimentelle Untersuchungen über die Ursache des Zahnpulpatodes. M. S. 81.
48. Greve: Theoretische und praktische Studien über Zahnzemente. M. S. 346.
49. 1913 Fränkel: Ueber Silikatzement und Pulpatod. M. S. 529.
50. 1913 Abraham: Pulpatod unter Silikatfüllungen. M. S. 532.
51. 1913 Richter: Welche Berechtigung hat die Richtersche Zementprobe. M. S. 536.

52. 1913 Andresen: Ueber Silikatzemente. M. S. 719.
53. 1913 Kulka: Neue Ergebnisse der Zementforschung (Volumenänderungen). Ö. 1913.
54. 1913 Stebe: Silikatzemente. W. S. 19.
55. 1913 Sommer: Zur Frage der Ursache des Zahnpulpatodes unter Silikatfüllung. W. S. 283.
56. 1913 Schuster: Zur Frage des Pulpatodes unter Silikatfüllungen. W. S. 453.
57. 1913 Fränzel: Sind die Schlußfolgerungen der Proellschen Untersuchungen richtig? W. S. 537.
58. 1913 Abraham: Zur chemischen Technologie der Silikatzemente. W. S. 553.
59. 1913 Hahn: Silikatfüllung. W. S. 875.
60. 1913 Ladewig: Entgegnung auf obigen Artikel. W. S. 814, 876.
61. 1913 Beckmann: Einiges über Silikatzemente. W. S. 874.
62 1914 Abraham: Technische Einzelheiten über Silikatzemente. W. S. 820
63. 1916 Proell: Nachträgliches über Silikatzemente. M. S. 143.
64. 1917 Schoenbeck: Probleme der Silikatzementforschung. Deutsche Zahnärztliche Zeitung Nr. 1.
65. 1921 Wustrow: Ueber den Schutz der Pulpen unter Silikatzementfüllungen. R. Nr. 28.
66. 1922 Dieck: Ueber methodische Prüfung der Silikatzemente. M. Heft 8 und 10.
67. 1922 Dieck: Haben unsere Aluminiumphosphatfüllungen eine spezifisch schädigende Wirkung auf die Pulpa? M. Heft 24.
68. 1922 Hensel: Ueber die Methoden der Silikatzementprüfung, ihre Vereinfachung und Bewertung. M. S. 494.
69 1922 Wustrow: Pulpenschädigungen durch unsere Zemente und ihre Bedeutung für die prothetische und konservierende Zahnheilkunde. M. S. 744.
70. 1922 Palazzi: Ueber die anatomischen Veränderungen der Zahnpulpa im Gefolge von Silikatzementfüllungen. S. S. 346.
71. 1923 Rebel: Untersuchungen über die Einwirkung der Zink- und Aluminium-Phosphatzemente auf Zahnbein und Pulpa. M. S. 298.
72. 1923 Sprungmann: Zur Chemie und Physik der Silikatzemente. M. Nr. 14.
73. 1924 Geyer: Ueber Silikatzemente. W. 15. Mai.
74. 1924 Fasoli: Silikatzemente und Pulpaveränderungen. S. S. 225.
75. 1924 Palazzi: Einige Konklusionen aus meinen dreijährigen Experimenten über die Veränderungen der Zahnpulpa nach Füllungen mit Silikatzementen. S. S. 238.
76. 1924 Samson: Kalkalbumin. B. v. 16. Juni, zit. M. 1925, S. 15.
77. 1924 Das Auskleiden von Zahnkavitäten mit einem neutralkalkhaltigen Material. B. v. 15. April, zit. M. 1925, S. 126.
27. 1925 Masur: Untersuchungen über Silikatzemente, ihre schädliche Wirkung auf die Zahnpulpa und geeigneten Pulpenschutz. R. v. 24. Mai.

79. 1925 Radmann: Sind die Silikatzemente in Form und Volumen beständig? M. S. 57.
80. 1926 Doubleday: Die Silikatfüllung. B. Vol. 57 p. 495, zit. M. S. 855.
81. 1927 Paschke: Ueber Silikatzemente. R. Nr. 42.
82. 1927 Kulka: Welchen Wert haben Laboratoriumsversuche für die Beurteilung unserer Füllungsmaterialien? S. 547.
83. 1927 — Die neueren Zemente und ihre Eigenschaften. S. S. 872 und 1080.
84. 1927 — Silikatzemente (über Eignung und Wert derselben als Füllungsmaterialien). R. S. 379.
85. 1930 Wolff: Versuche mit Silikatpulver. Dissertation Rostock.
86. 1932 Gerb: Ueber das Anrühren der Silikatzemente. W. Nr. 4.
87. 1932 Fischer: Ueber Pulpentod unter Füllungen. W. Nr. 14.
88. 1932 Feiler: Das Absterben der Pulpa unter Füllungen. R. Nr. 21 und 22.
89. 1932 Lippschitz: Das Absterben der Pulpa unter Silikatfüllungen. R. Nr. 27.
90. 1932 Feiler: Das Absterben der Pulpa unter Silikatfüllungen. R. Nr. 28.
91. 1932 Auerbach: Das Absterben der Pulpa unter Füllungen. R. Nr. 31.
92. 1932 Kudernatsch: Das Absterben der Pulpa unter Füllungen. R. Nr. 32.
93. 1932 Bamberger: Das Absterben der Pulpa unter Füllungen. R. Nr. 34.
94. 1932 Linka: Das Absterben der Pulpa unter Silikatfüllungen und wie es vermieden werden kann. R. Nr. 43.
95. 1932 Sicher: Pulpentod unter Silikatfüllungen. Stom. Heft 5.
96. 1932 Praeger: Zeitgemäße Gedanken zur Füllungskunde. W. Nr. 35.
97. 1933 Börsner: Die Pulpaschäden unter Silikatfüllungen. S. S. 1498.
98. 1933 Geyer: Zur Frage des Absterbens der Pulpa unter Silikatfüllungen. R. Nr. 19 und 20.
99. 1934 Wiesner: Durosim, die Lösung der Silikatfrage. R. Nr. 33.
100. 1934 Wannenmacher: Die Verfärbung der Silikatfüllungen. W. Nr. 40 und 41.
101. 1934 Remmer: Die Verfärbung der Silikatfüllungen. W. Nr. 47.
102. 1934 Feles: Vermeidung von Pulpaschäden unter Silikatfüllungen. R. Nr. 4.
103. 1934 J. A. Eberly, jr.: Development of a silicate cement tending to eliminate pulp irritation. D. S. 419, zit. W. 1936, S. 952.
104. 1934 Kordatzki: Taschenbuch der praktischen Ph.-Messung.
105. 1934 Dieck: Im Fragekasten der W, Nr. 21, 24, 26 zu Frage 49.
106. 1934 Tuchler: Einiges über die Erfolgsicherheit und neue Möglichkeiten der Tiranal-Indikation. W. S. 221 und 347.

107. 1934 Fragekasten der W. S. 320, 347, 370, 388 (Pulpenschutz unter Silikatfüllungen).
108. 1934 Hansmann: Ueber einige neue Kieselsäurepräparate. W. S. 366.
109. 1934 Bantow: Der erreichbare Standard der Silikatzemente. R. Nr. 42.
110. 1935 Walter: Untersuchungen über neuere Möglichkeiten der Verarbeitung von Silikatzementen. Dissertation Tübingen.
111. 1935 Schenk: Mängelfreie Silikate? W. S. 1058.
112. 1935 Keßler: Kinderzahnheilkunde. W. 1220.
113. 1935 Börsner: Die Phosphorsäure bei Pulpenschäden unter Silikatfüllungen. S. Nr. 21.
114. 1936 Schultze: Idra-Silikat. W. S. 14.
115. 1936 Boite: Die Phosphorsäure. S. S. 36.
116. 1936 Titkemeyer: Pulpenschädigungen unter Silikatfüllungen. W. S. 539.
117. 1936 Masur: Die Schädlichkeit der Silikatzemente, ihre Ursachen und ihre Beseitigung durch ein Zusatzpulver „Addit". Korrespondenzblatt für Zahnärzte, S. 227.
118. 1936 Dolder: Silikatzementfüllung und Zahnpulpa. W. S. 733.
119. 1936 Flaumenhaft (Den Haag). W. S. 952.
120. 1936 Eusch: Die Azidität der Silikatzemente. (Dissert.)
121. 1936 Titkemeyer: Einige Gesichtspunkte beim Anrühren von Silikatzementen. W. Nr. 47.
122. 1937 Rothen: Etude sur la vitesse de Neutralisation des ciments dentaires.
123. 1937 Klauer: Phosphatzement als Unterfüllung? R. Nr. 24.
124. 1937 König: Phosphatzement als Unterfüllung? R. Nr. 30.
125. 1937 — Zur Frage der Pulpaschädigung unter Silikatzementfüllungen. W. Nr. 40.
126. 1937 Diener: Plastische Füllungsmaterialien. W. Nr. 46.
127. 1937 Hettinger: Einfluß der Anrührtemperatur auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften der zur Zahnfüllung benötigten Zemente, insbesondere der Silikatzemente. (Dissertation.)
128. 1937 Gwinner: Verbesserungsvorschlag für die Thermoanrührplatte für Silikatzemente. W. Nr. 20.
129. 1937 Titkemeyer: Verbesserungsvorschlag für die Thermoanrührplatte für Silikatzemente. W. Nr. 44.
130 1937 Diener: Verbesserungsvorschlag für die Thermoanrührplatte für Silikatzemente. W. Nr. 25.
131. 1937 Hinze: Betrachtungen und Anregungen zur Frage der Silikatzementfüllungen. W. Nr. 45.
132. 1937 Möller: Betrachtungen und Anregungen zur Frage der Silikatzementfüllungen. W. Nr. 49.

Lebenslauf.

Am 8. Juni 1904 bin ich in Kiel geboren als einziger Sohn des damaligen Magistratsassessors Rauscher. In Kiel besuchte ich die Vorschule am Reform-Realgymnasium, sowie das humanistische Gymnasium und vom Jahre 1914 ab das Potsdamer Viktoriagymnasium. Von Oktober 1917 bis Ostern 1919 war ich Kadett in der 1. Kompagnie des Kadettenkorps Potsdam. Nach 1¼jährigem Besuch des Realgymnasiums in Potsdam erlernte ich bis September 1925 das Bankfach und widmete mich in der anschließenden Zeit dem kaufmännischen Beruf, speziell in der Automobilbranche. Die damals sehr schlechte Geschäftslage erleichterte mir den Entschluß, das fehlende Abiturium nachzuholen. Dieses bestand ich Ostern 1933 an der „Deutschen Oberschule" in Potsdam. — Seit Beginn des Sommersemesters 1933 studierte ich das Fach der Zahnheilkunde. Am 2. Oktober 1937 erhielt ich die Approbation als Zahnarzt.